

KONSEP BIOLISTRIK & BIOMEKANIKA

dr. Dwi Soelistyoningsih, M.Biomed

Topik Pembahasan

A. Prinsip-prinsip Fisika dan Biomekanika dalam Keperawatan

- Atom, Ion, dan Muatan/Tegangan Listrik
- Potensial Listrik pada Berbagai Keadaan Sel (Transduksi Sinyal, Potensial Aksi, Depolarisasi, Hiperpolarisasi)
- Penghantaran Impuls dan Tubuh dan Transmisi Sinaps
- Biomekanika dalam Tubuh

B. Penggunaan Listrik untuk Tubuh

Prinsip-prinsip Fisika dalam Keperawatan

Problem 1 :

- Atom merupakan partikel yang sangat kecil penyusun unsur. Senyawa tersusun atas atom-atom dari dua unsur atau lebih. Atom terdiri dari inti atom yang sangat kecil disebut proton yang dikelilingi oleh elektron. Atom netral yang kehilangan satu atau lebih elektronnya akan menghasilkan kation. Atom netral yang bertambah satu atau lebih elektronnya akan menghasilkan anion. Di dalam tubuh manusia terdapat muatan/tegangan listrik. Bagaimana tegangan listrik tubuh dapat terjadi ?

Problem 2

- Dalam tubuh akan selalu muncul arus listrik, untuk menjaga supaya tegangan dan arus listrik selalu dalam kondisi homeostasis maka diperlukan konsumsi elektrolit secara seimbang. Elektrolit yang sangat berperan dalam tubuh adalah Na^+ , K^+ dan Ca^+ . Elektrolit Na^+ , K^+ sangat dibutuhkan oleh sel-sel saraf sehingga dapat menghantarkan signal transduksi. Pada proses signal transduksi dapat mengakibatkan berubahnya muatan membran sel, dari muatan negatif berubah menjadi positif dan kemudian kembali ke negatif lagi. Perubahan tersebut akan menghasilkan impuls tegangan yang dinamakan **potensial aksi**. Apa yang dimaksud dengan potensial aksi dan bagaimana tahapannya ?

Problem 3 dan 4

Problem 3

- Komunikasi antar sel apabila terjadi dengan jarak yang dekat dapat dilakukan dengan gap junction (hubungan langsung sel-sel) melalui difusi, dan jarak yang jauh dapat dilakukan dengan impuls saraf (perubahan potensial membrane) ataupun mediator kimiawi (molekul yang disekresikan ke CEF (*Cellular Extra Fluid*), sekresi autokrin, parakrin, dan endokrin. Jelaskan bagaimana komunikasi antar sel serta mekanisme transmisi sinaps ?

Problem 4

- Bagaimana penggunaan listrik dalam tubuh ? Berikan contoh!

Teori Atom Dalton



Hukum PERBANDINGAN TETAP

- Unsur tersusun atas partikel yang sangat kecil, yang disebut atom. Semua atom unsur tertentu adalah identik, yaitu mempunyai ukuran, masa dan sifat kimia yang sama. Atom satu unsur tertentu berbeda dari atom semua unsur yang lain

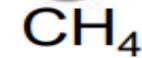
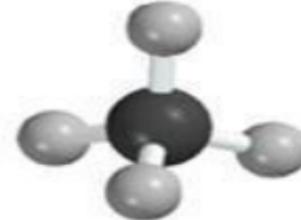
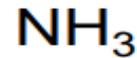
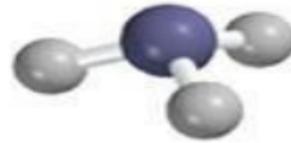
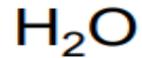
Hukum PERBANDINGAN BERGANDA)

- Senyawa tersusun atas atom-atom dari dua unsur atau lebih. Dalam setiap senyawa perbandingan antara jumlah atom dari setiap dua unsur yang ada bisa merupakan bilangan bulat atau pecahan sederhana

Hukum KEKALKAN MASSA

- Yang terjadi dalam reaksi kimia hanyalah pemisahan, penggabungan, atau penyusunan ulang atom-atom; reaksi kimia tidak mengakibatkan penciptaan atau pemusnahan atom-atom

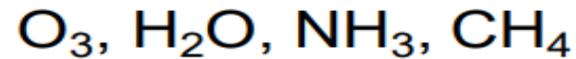
Molekul adalah suatu agregat (kumpulan) yang terdiri dari sedikitnya dua atom dalam susunan tertentu yang terikat bersama oleh gaya-gaya kimia (disebut juga ikatan kimia).



Molekul diatomik mengandung hanya dua atom



Molekul poliatomik mengandung lebih dari dua atom



kation – ion dengan muatan total positif.

Atom netral yang **kehilangan** satu atau lebih elektronnya akan menghasilkan kation.



11 proton
11 elektron



11 proton
10 elektron

anion – ion dengan muatan total negatif.

Atom netral yang **bertambah** satu atau lebih elektronnya akan menghasilkan anion.



17 proton
17 elektron



17 proton
18 elektron

Dasar Biolistrik

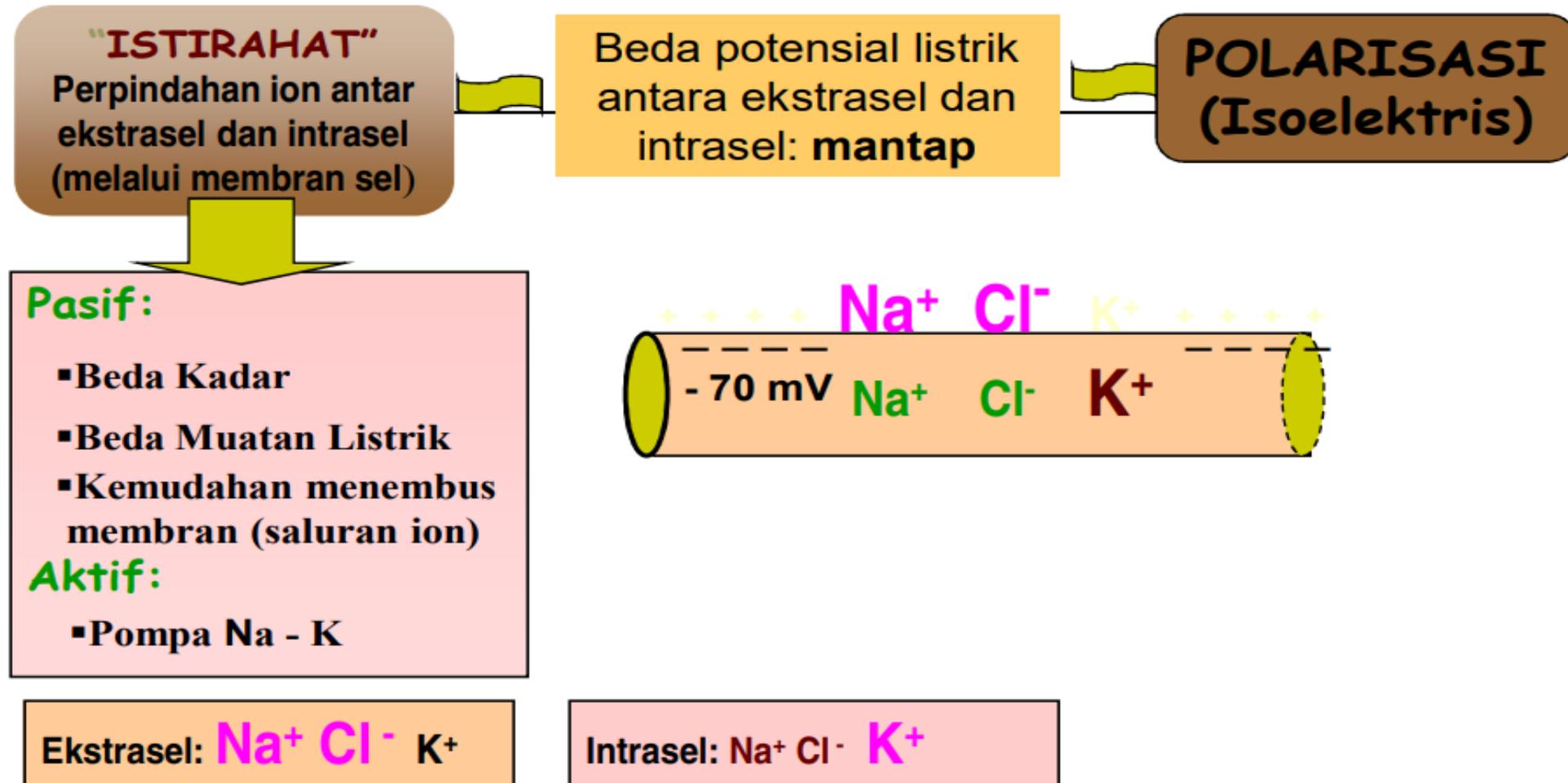
- Biolistrik: kelistrikan di dalam sel atau jaringan hidup
- Beberapa sistem tubuh bekerja dengan diatur oleh sistem saraf → termasuk sistem pengendali tubuh
- Sel saraf → sel peka rangsang
- Beberapa bagian transport zat → membran sel/plasma
- Beberapa kompartmen → pertukaran antara lingkungan internal & eksternal

- Bagaimana sistem saraf bekerja? \Rightarrow dasar: penghantaran impuls di sel saraf
- Bagaimana proses terbangkitnya impuls? \rightarrow peristiwa kelistrikan di sel saraf (depolarisasi & potensial aksi/impuls)
- Mengapa bisa terjadi?
 - keterlibatan ion-ion dlm kompartmen tubuh, terutama ion Na & K di ekstrasel & intrasel - membran sel semipermeabel \rightarrow pertukaran ion



potensial membran \Rightarrow gradien konsentrasi & muatan antara ekstrasel & intrasel

Potensial Listrik Sel pada Kondisi yang Berbeda



Bila sel distimulasi ?



Aliran sinyal transduksi

Jalur sinyal

- Transduksi sinyal
 - Proses dimana informasi yang dibawa molekul sinyal dari luar sel menyebabkan perubahan di dalam sel

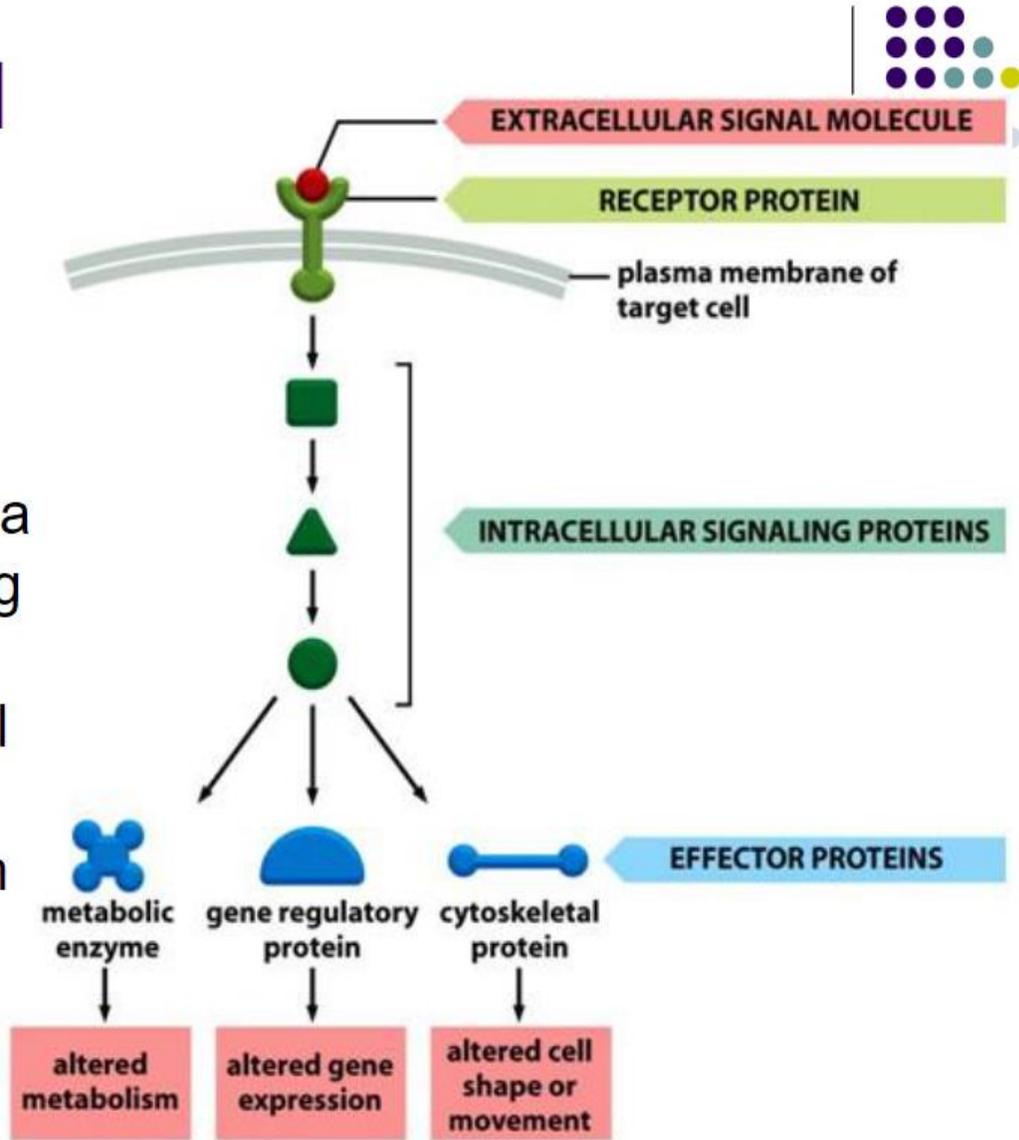
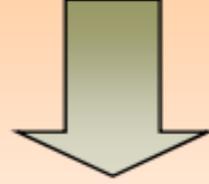


Figure 15-1 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

BILA SEL DIRANGSANG? ⇒ TRANSDUKSI RESEPTOR

- Membran akan lebih permeabel, sehingga ion Na ekstrasel masuk ke intrasel → kenegatifan intrasel berkurang → penurunan beda potensial ekstrasel & intrasel (DEPOLARISASI)
- Depolarisasi akan meningkatkan permeabilitas membran sehingga makin banyak ion Na ekstrasel yang masuk ke intrasel dan depolarisasi makin besar (LINGKARAN HODGKIN) Bila peristiwa terus berlanjut, suatu saat depolarisasi mencapai ambang letup sehingga terbentuklah POTENSIAL AKSI;
- bila tidak berlanjut akan kembali ke keadaan istirahat (REPOLARISASI) Potensial aksi yang menjalar →IMPULS

RANGSANG

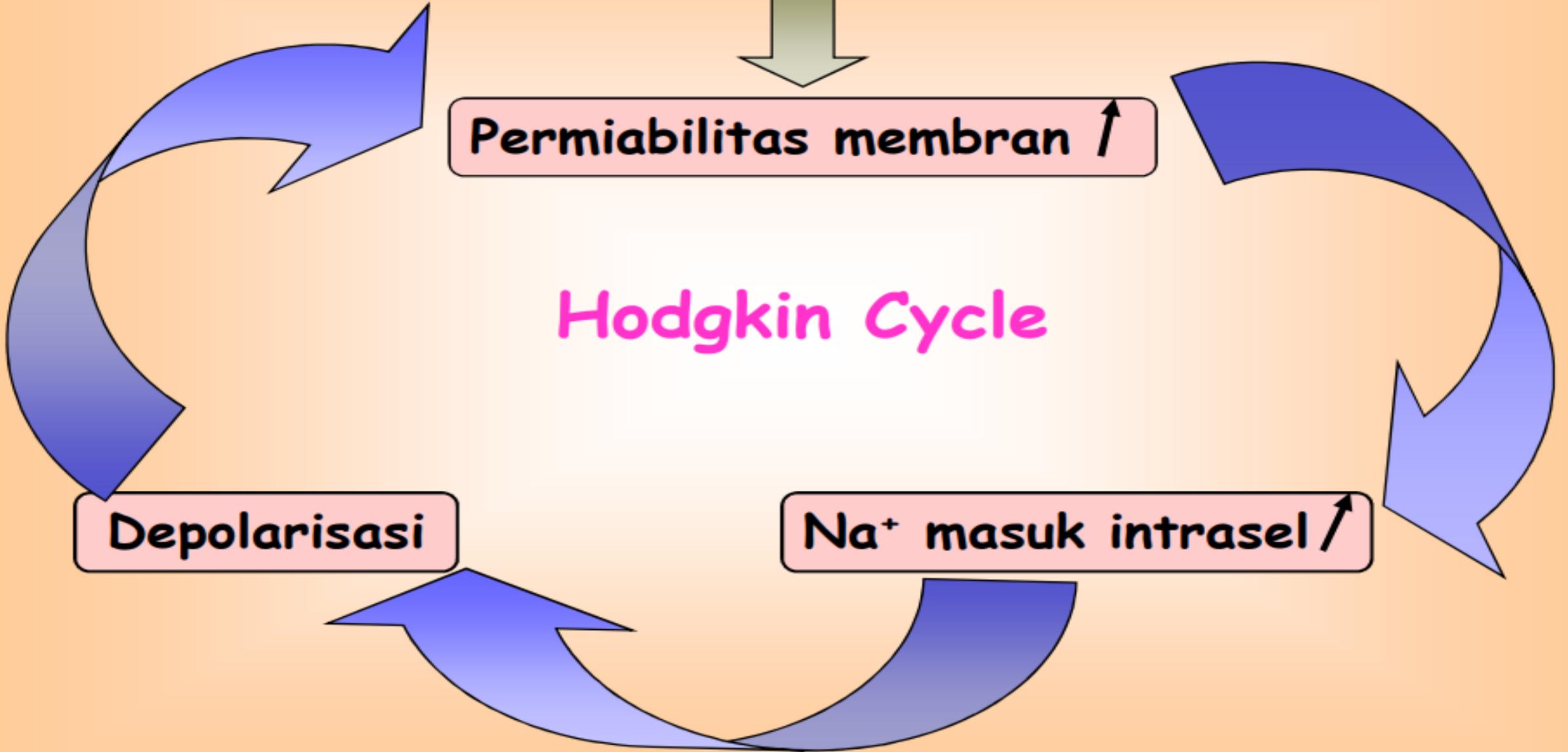


Permiabilitas membran ↑

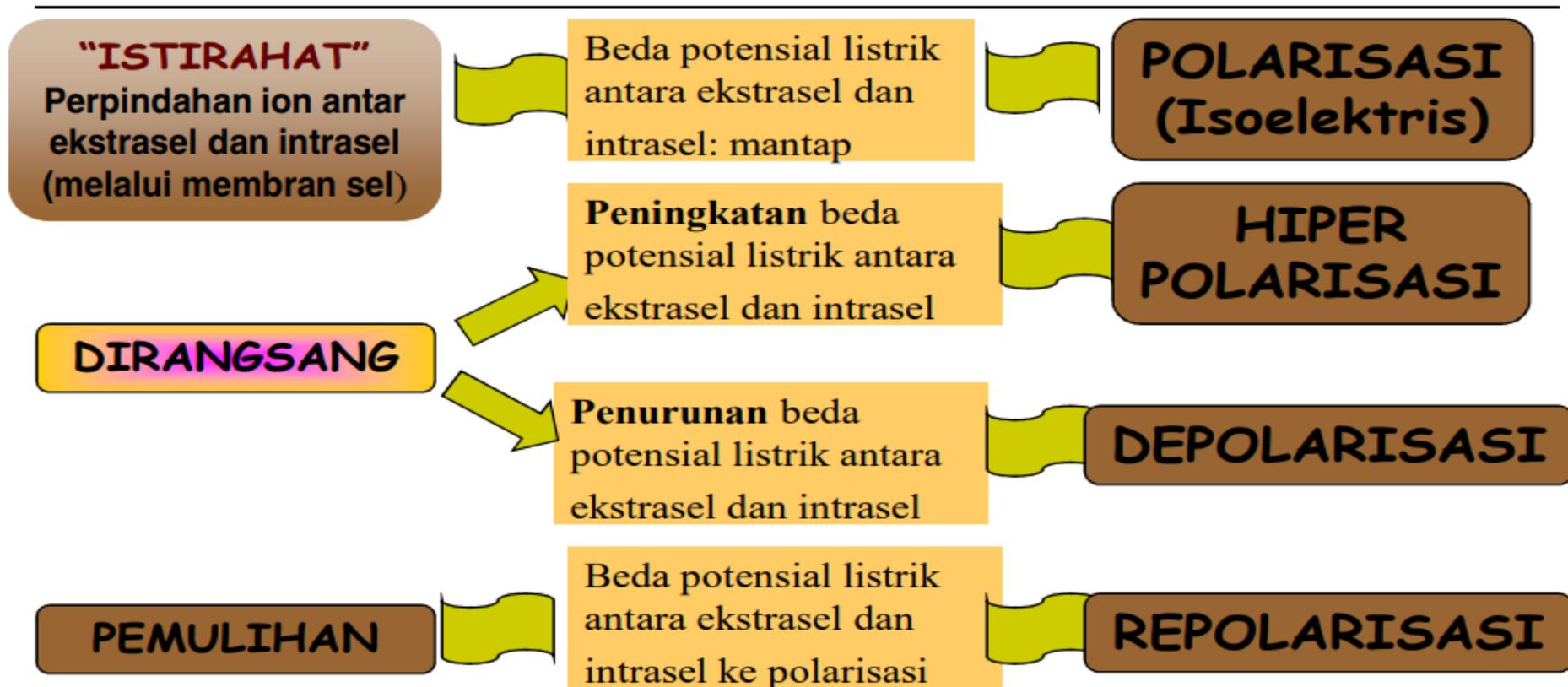
Hodgkin Cycle

Depolarisasi

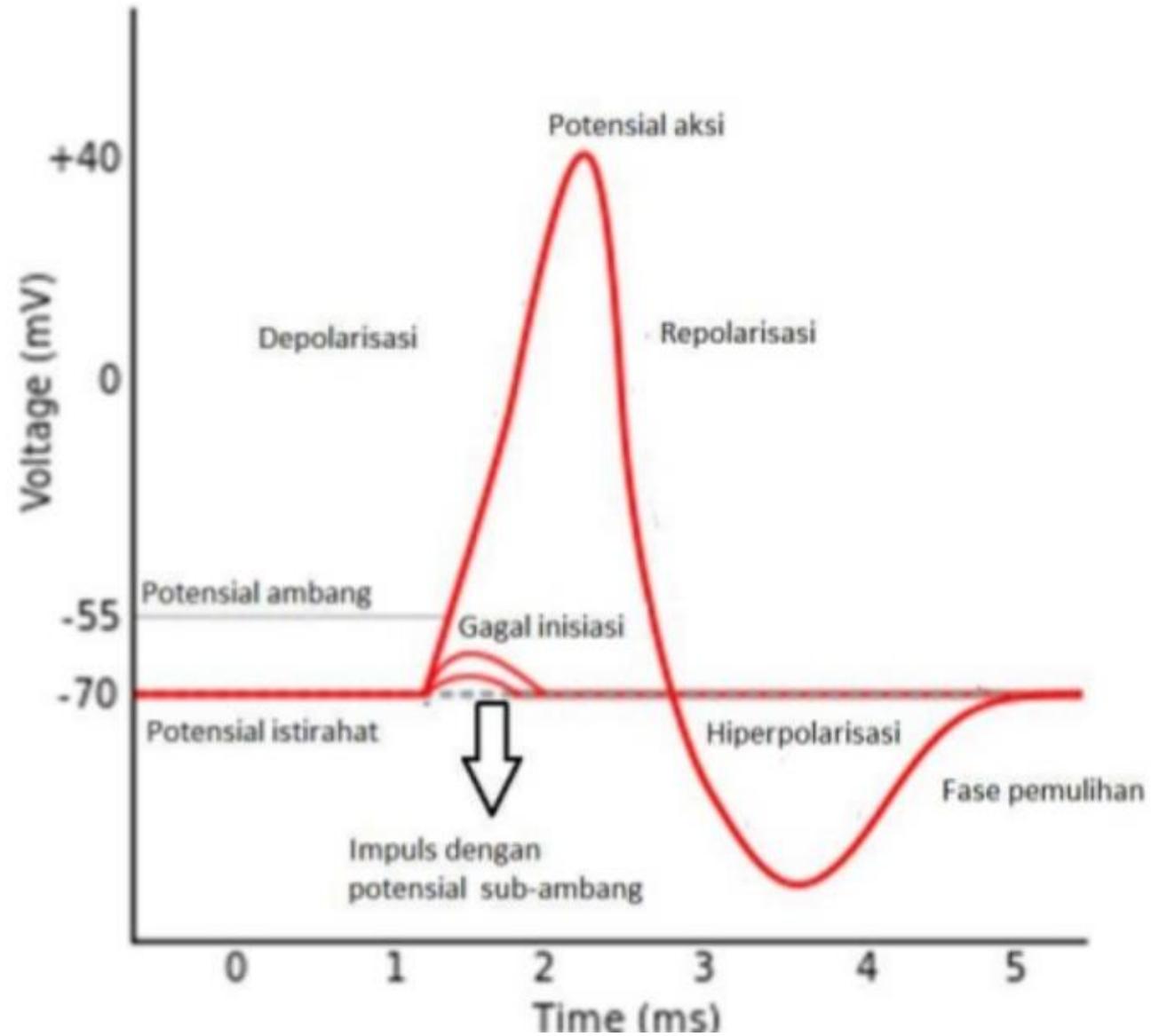
Na⁺ masuk intrasel ↑



Potensial Listrik dengan Kondisi yang Berbeda



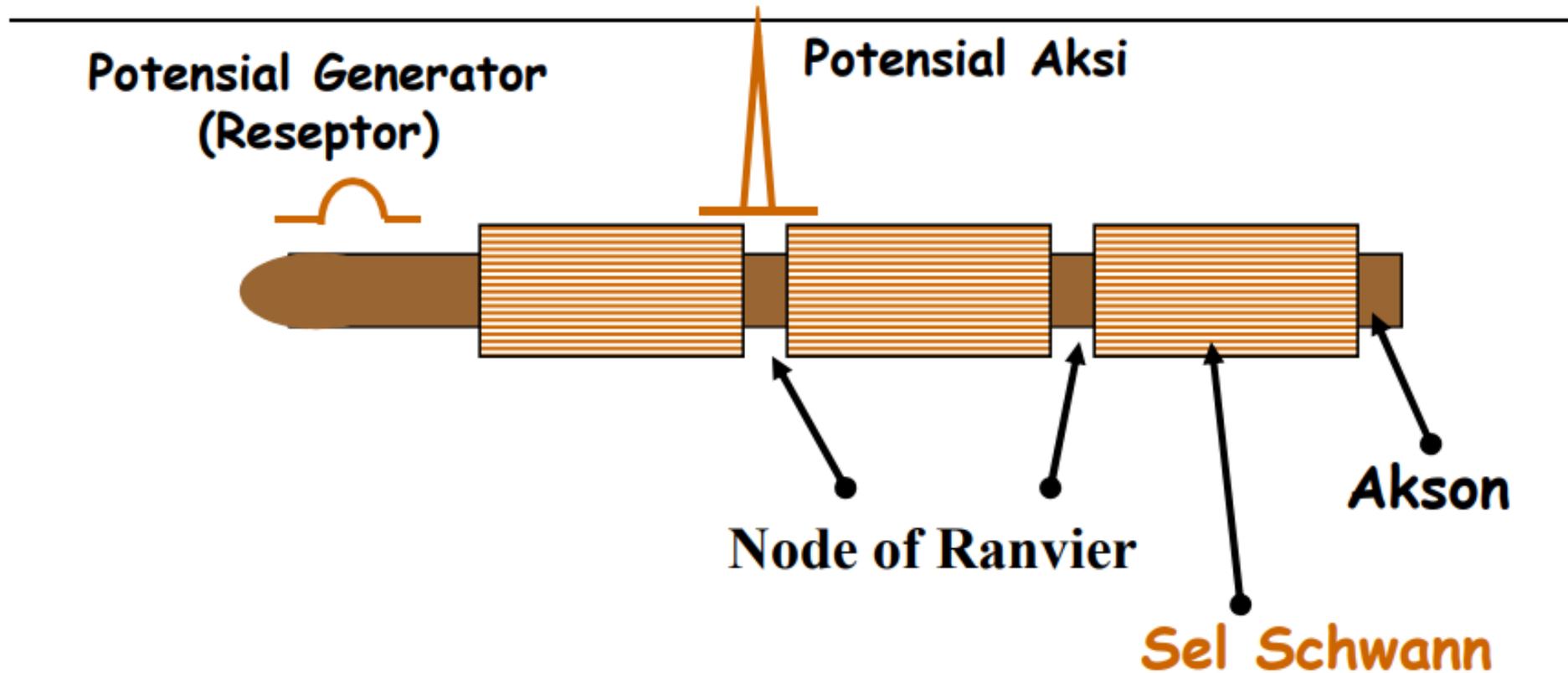
Potensial Aksi



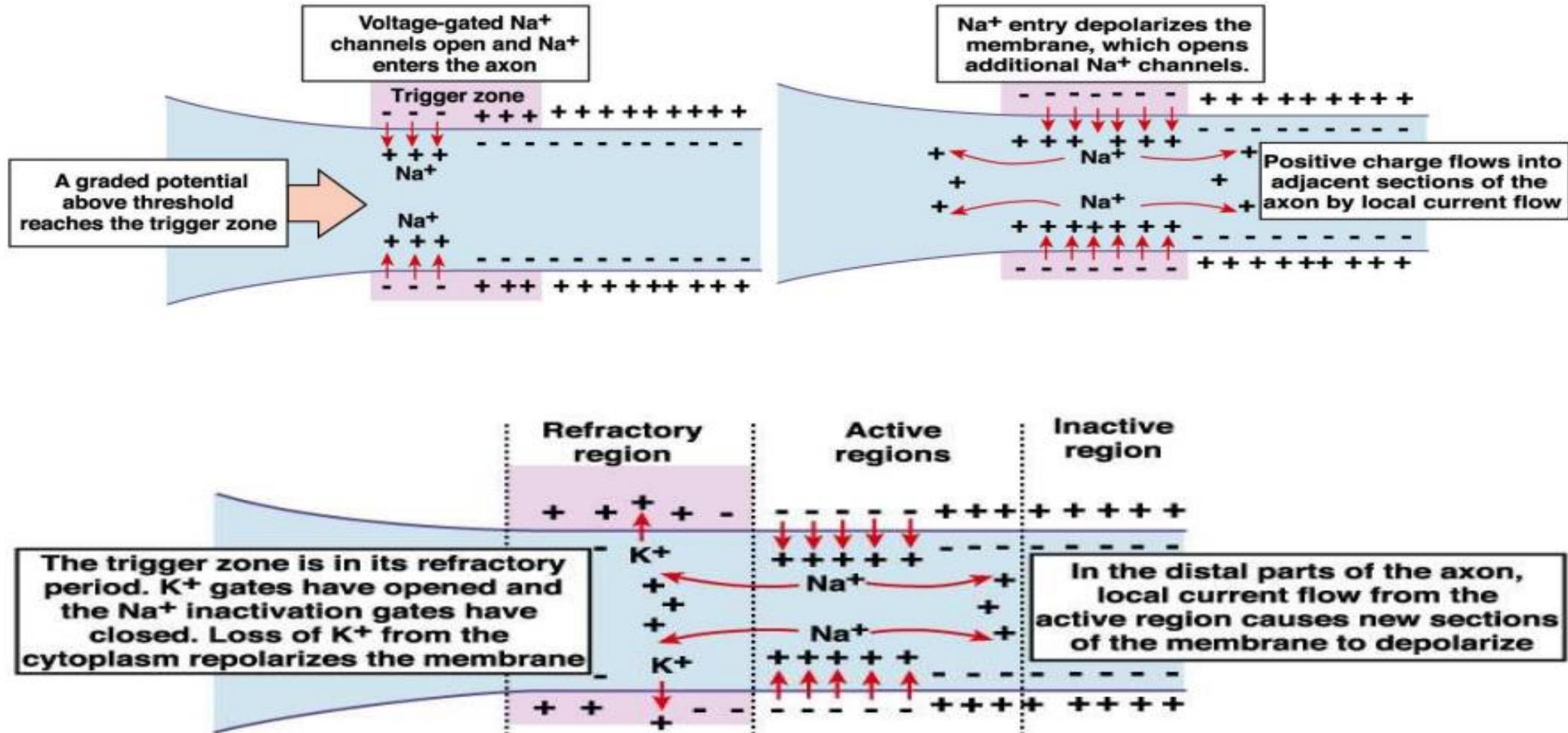
Potensial Aksi pada sel Saraf (akson)

Peningkatan kuat rangsang akan meningkatkan amplitudo depolarisasi (potensial reseptor)

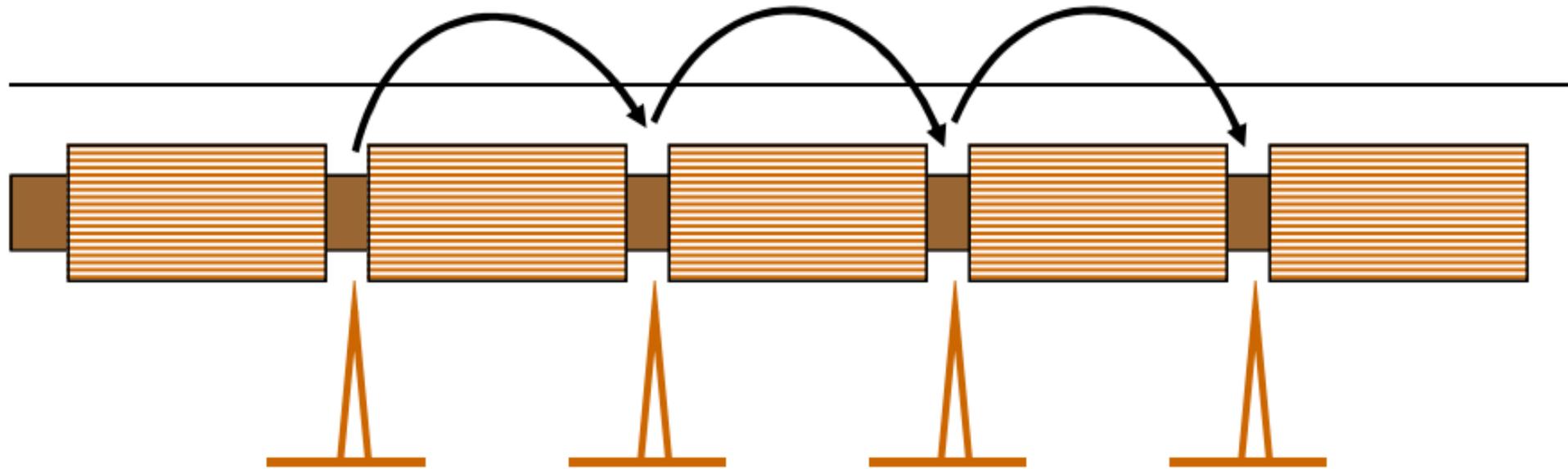
Potensial reseptor tidak mengikuti Hukum *All or None*



Penghantaran Impuls di Neuron Tak Bermyelin



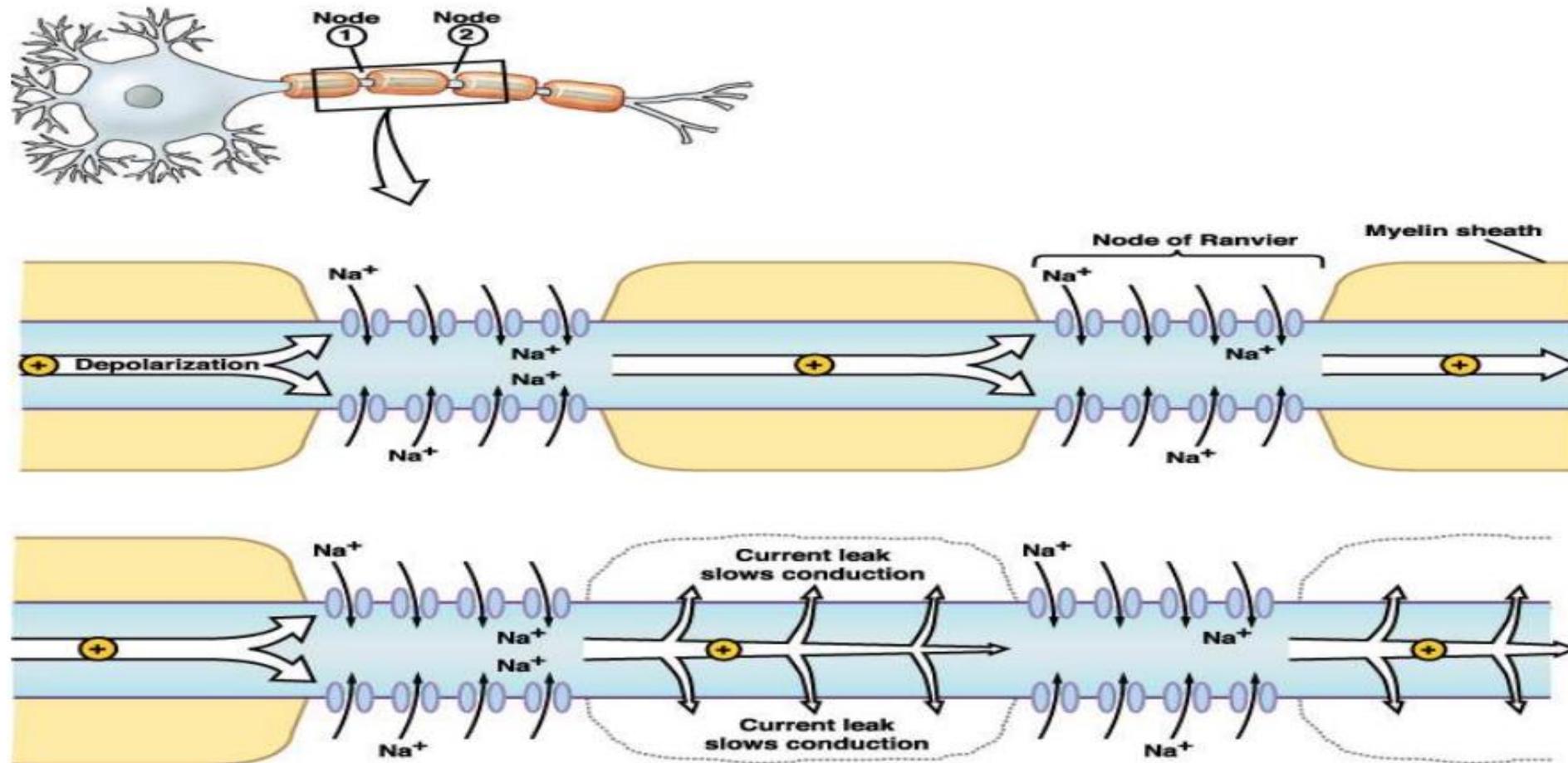
Penghantaran Potensial Aksi melalui Saraf Bermyelin



Saltatory Conduction

Impuls: potensial aksi yang dihantarkan

Penghantaran Impuls di Neuron Bermyelin

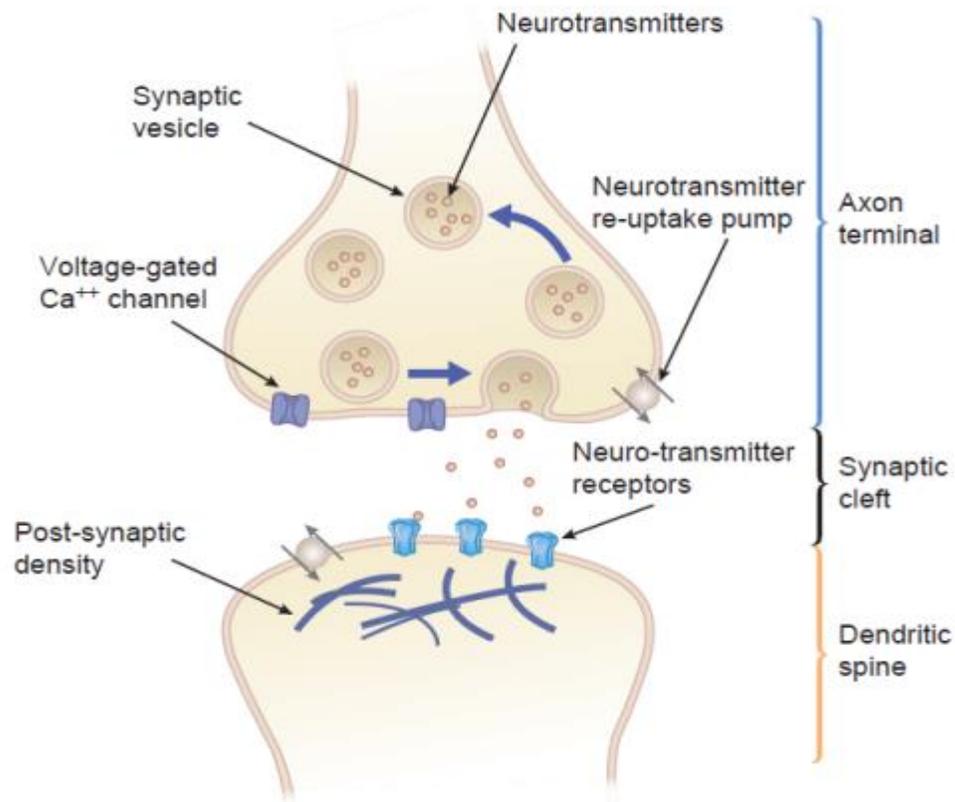


SINAPS

- Impuls di suatu neuron akan diteruskan ke neuron lain melalui **SINAPS**
- Neuron sebelum sinaps → neuron presinaps
- Neuron setelah sinaps → neuron postsinaps/ pascasinaps
- Penghantaran pd **SINAPS LISTRIK** ≈ akson ⇒ melalui **GAP JUNCTIONS**
- Penghantaran pd **SINAPS KIMIA** perlu perantara ⇒ **NEUROTRANSMITTER**

Sinaps dan Neurotransmitter

Sinaps



Gambar 2. Sinaps

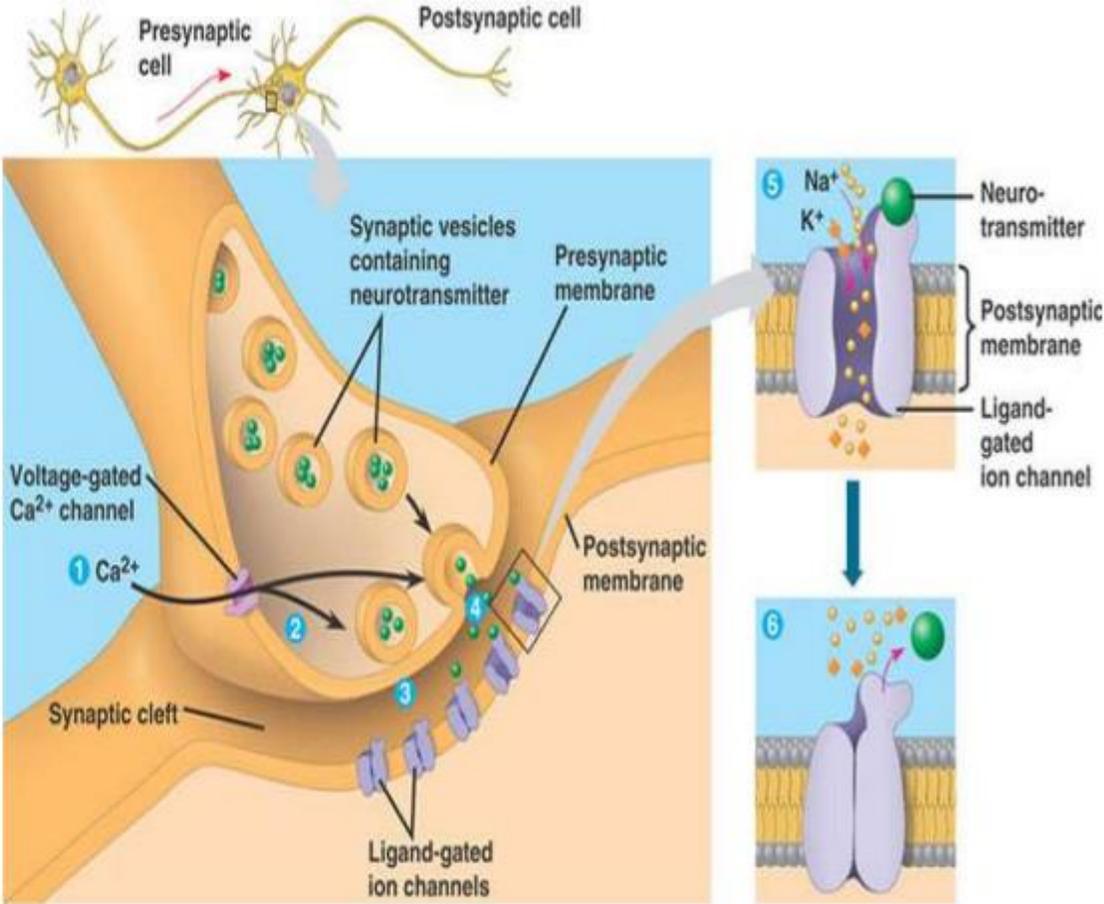
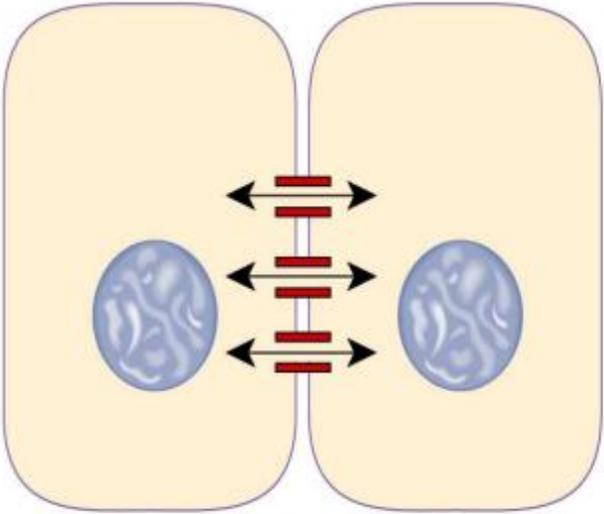
Neurotransmitter

Chemicals that Act at Synapses as Neurotransmitters

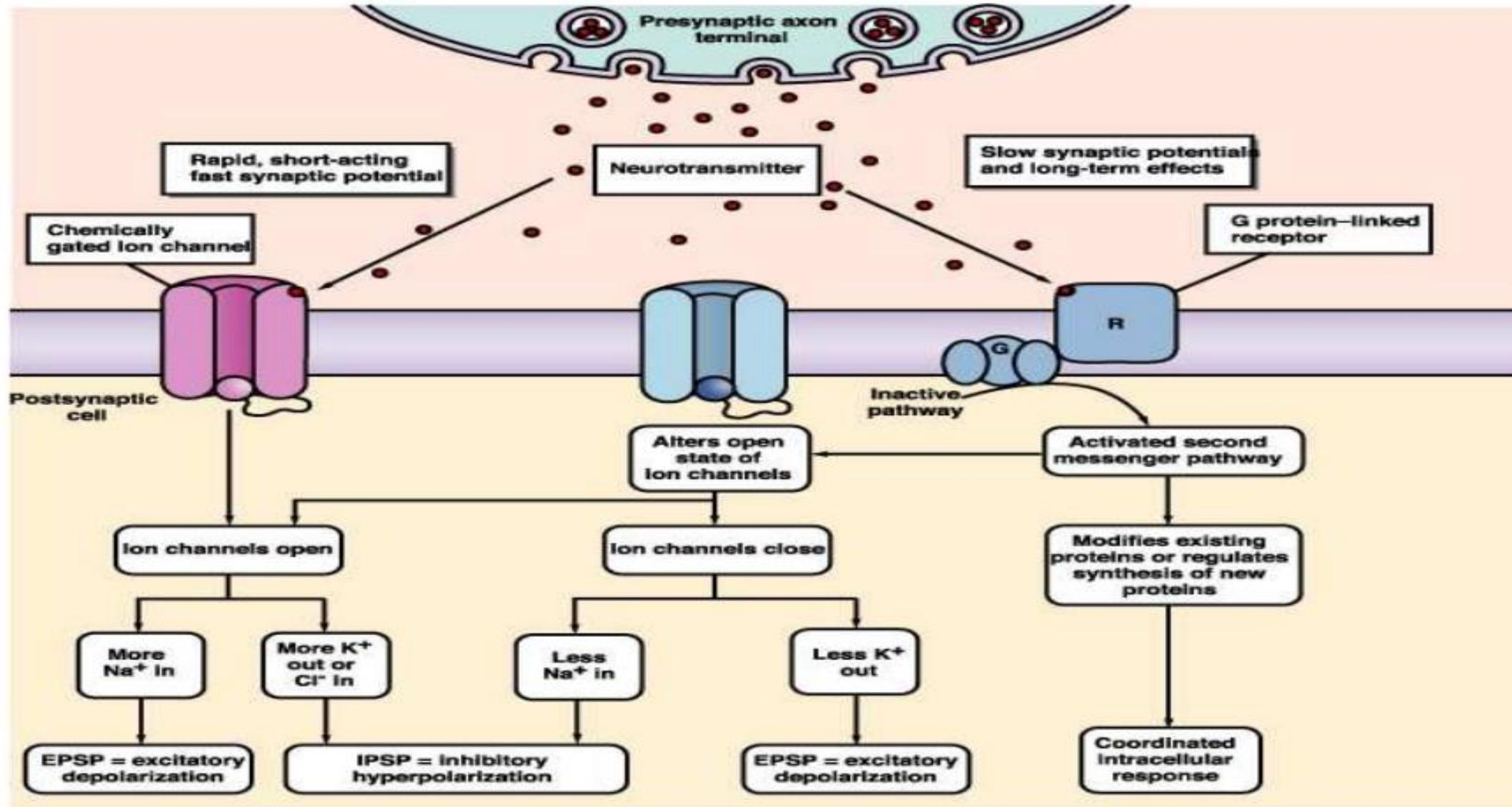
- Glutamate
- Acetylcholine
- Norepinephrine
- Glycine
- Endorphins
- Serotonin
- Histamine
- Oxytocin
- Cholecystokinin
- Gastrin
- γ -Aminobutyric acid
- Dopamine
- Epinephrine
- Substance P
- Vasopressin
- Prolactin
- Vasoactive intestinal peptide
- Glucagon

Sinaps Listrik & Kimia

Gap junctions



Pembentukan EPSP & IPSP



Biomekanika

- Biomekanika merupakan ilmu yang menggunakan hukum-hukum fisika dan konsep-konsep mekanika untuk mendeskripsikan gerakan dan gaya pada berbagai macam bagian tubuh ketika melakukan aktivitas. Karena biomekanika hanya berbicara dalam masalah fisik maka biomekanika termasuk dalam ranah ergonomi fisik.
- Ergonomi adalah ilmu tentang kerja. Ergonomi memiliki prinsip dasar untuk menyesuaikan kerja agar sesuai dengan batasan atau karakteristik pekerjaannya. Karakteristik ini biasanya disebut antropometri baik fisik / tubuh ataupun antropometri non fisik seperti psikometri.
- Biomekanika merupakan studi tentang karakteristik-karakteristik tubuh manusia dalam istilah mekanik. Biomekanika dioperasikan pada tubuh manusia baik saat tubuh dalam keadaan statis ataupun dalam keadaan dinamis. Oleh karena itu agar sistem kerja menjadi ergonomis maka harus memperhatikan biomekanika

Biomekanika

- Titik berat bahasan biomekanika adalah pada fisik manusia khususnya pada saat manusia melakukan kegiatan penanganan material secara manual (*Manual Material Handling / MMH*) yang biasanya tanpa menggunakan alat bantu apapun. Contoh MMH adalah pengangkatan dan pemindahan secara manual, atau pekerjaan lain yang dominan menggunakan otot tubuh.



Manual Material Handling yang tidak tepat

- Aktivitas MMH yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan kerja.
- Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas MMH yang tidak benar salah satunya adalah **keluhan muskuloskeletal**.
- Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan inilah yang biasanya disebut sebagai muskuloskeletal disorder (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal.

Low back Pain

- Salah satu konsep biomekanika yang sering dibahas dalam desain suatu pekerjaan adalah biomekanika punggung, khususnya pada bagian **Lumbar 5 dan Sacrum 1**. Bagian tersebut merupakan bagian yang paling riskan terkena risiko pekerjaan. Oleh karena itu, para desainer atau insinyur berusaha keras agar bagian tersebut terpapar seminimal mungkin risiko. Risiko yang sering muncul pada bagian ini adalah *low back pain*.
- *Low back pain* sebenarnya bisa dicegah dengan memanfaatkan konsep biomekanika pada bagian tersebut a.l. dengan :
 - membagi-bagi beban yang harus diangkat. Dengan pembagian beban tersebut, diharapkan risiko akan menjadi lebih kecil.
 - Digunakan alat bantu yang sesuai dengan beban benda.
 - Teknik pengangkatan pun perlu didesain. Hal ini terkait dengan momen gaya yang timbul akibat pengangkatan tersebut kepada tubuh si pengangkat

Referensi

- Anjarsari, P. Atom, Molekul, dan Ion. putri_anjarsari@uny.ac.id
- [Kuntarti. Pengantar Fisiologi, Homeostasis, dan Dasar Biolistrik.UI](#)
<https://staff.ui.ac.id/system/files/users/kuntarti/material/pengantarfisiologilengkungrefleks.pdf>

TERIMA KASIH