

POTENSIAL AKSI DAN KONTRAKSI OTOT POLOS

AGUSTINA RAHAYU MAGDALENI KUSUBIJANTO
BAGIAN FISILOGI
PSKU - UMNUL

SEL EKSITABEL (PEKA RANGSANG)

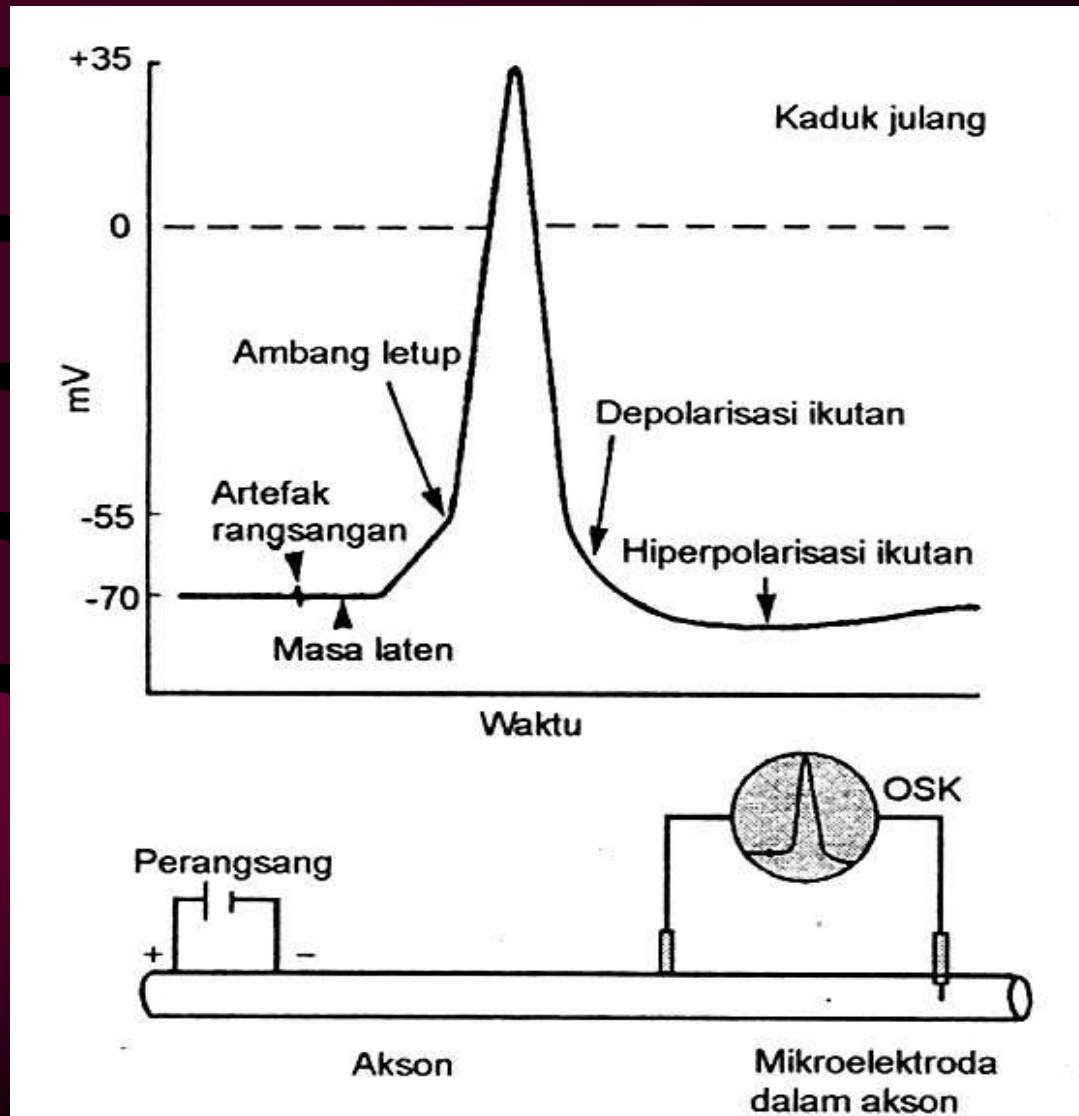
sel yang mampu mencetuskan dan menghantarkan impuls elektro kimia (aksi potensial) sepanjang permukaan membrannya.

Contoh :

- Sel syaraf
- Sel otot skelet, sel otot jantung, sel otot polos
- Sel kelenjar , sel bersilia , macrophage.
- Sel exitable yang mampu membangkitkan aksi potensial secara terus menerus (**otomatik**) disebut sel / jaringan pace maker, contoh sel sino-atrial node (SA NODE) AV node yang ada di jantung, sel – sel otot-otot polos di saluran pencernaan, sel-sel pusat pernafasan dorsal.

Keadaan istirahat sel eksitabel disebut **Potesial Membran Istirahat (PMI)**
atau **Resting Membran Potencial (RMP)**

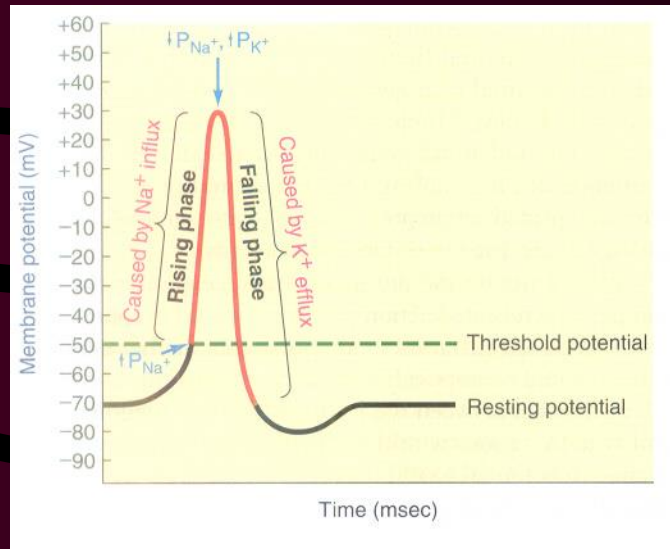
- PMI = 90 mV

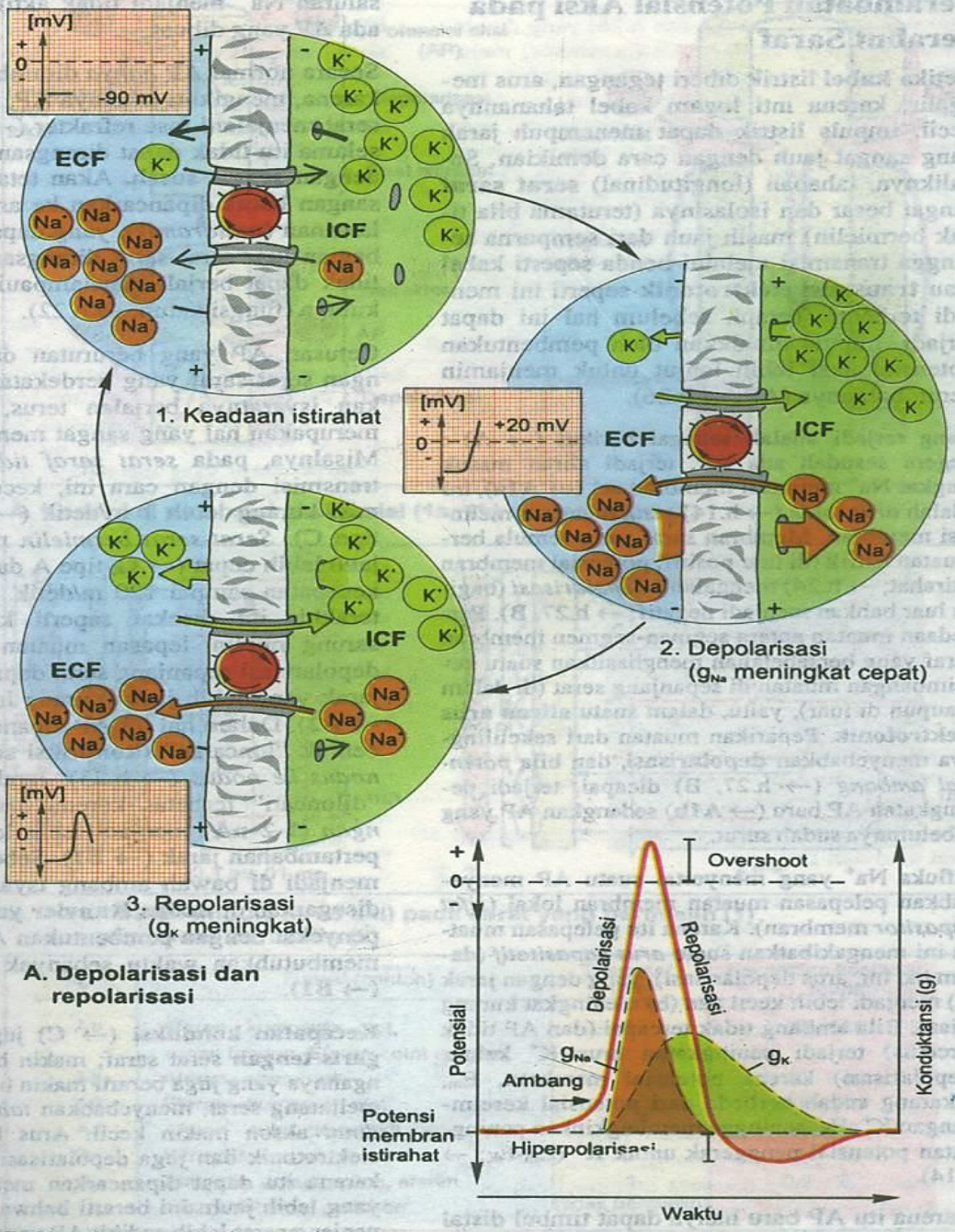


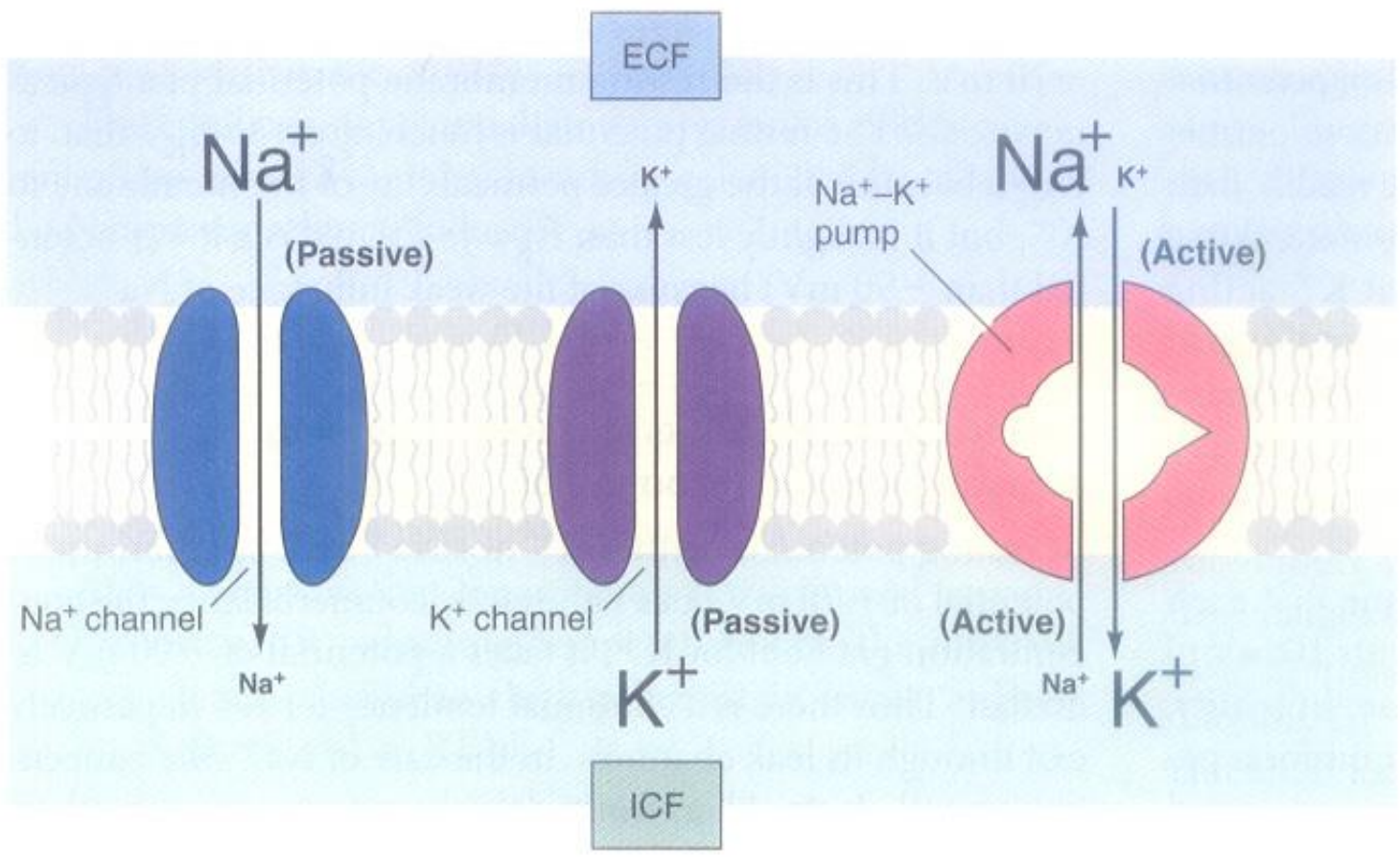
EXTRACELLULAR
FLUID

INTRACELLULAR
FLUID

Na ⁺ -----	142 mEq/L -----	10 mEq/L
K ⁺ -----	4 mEq/L -----	140 mEq/L
Ca ⁺⁺ -----	2.4 mEq/L -----	0.0001 mEq/L
Mg ⁺⁺ -----	1.2 mEq/L -----	58 mEq/L
Cl ⁻ -----	103 mEq/L -----	4 mEq/L
HCO ₃ ⁻ -----	28 mEq/L -----	10 mEq/L
Phosphates -----	4 mEq/L -----	75 mEq/L
SO ₄ ⁻ -----	1 mEq/L -----	2 mEq/L
Glucose -----	90 mg/dl -----	0 to 20 mg/dl
Amino acids -----	30 mg/dl -----	200 mg/dl ?
Cholesterol	} 0.5 g/dl -----	2 to 95 g/dl
Phospholipids		
Neutral fat		
PO ₂ -----	35 mm Hg -----	20 mm Hg ?
PCO ₂ -----	46 mm Hg -----	50 mm Hg ?
pH -----	7.4 -----	7.0
Proteins -----	2 g/dl -----	16 g/dl
	(5 mEq/L)	(40 mEq/L)







Keadaan istirahat sel eksitabel disebut **Potesial Membran Istirahat (PMI)**
atau **Resting Membran Potencial (RMP)**

- $PMI = 90 \text{ mV}$

Alat: osiloskop sinar katoda

potensial sebelah dalam membran lebih negatif 90 mv dibanding luar

- Saraf Motorik: - 70 mv
- Saraf cranial: - 60 mv
- Sel otot skelet : - 90 mv
- Otot jantung: -80 s.d -90 mv
- Jaringan pace maker: membran potensialnya berubah terus menerus.

Titik dimana mulai timbul potensial aksi disebut “TITIK BAKAR” atau "FIRING LEVEL". Besarnya rangsangan minimal yang dapat menimbulkan potensial aksi atau minimal yang dapat menurunkan potensial membran sel eksitabel sampai titik bakar disebut “NILAI AMBANG” atau “TRESHOLD”

Keterangan gambar

TE: triggering event
(rangsang diberikan)

AB: periode laten

BC: Depolarisasi pelan
(slow depolarisasi)

CD: Depolarisasi cepat
(spike depolarisasi)

DG: Repolarisasi

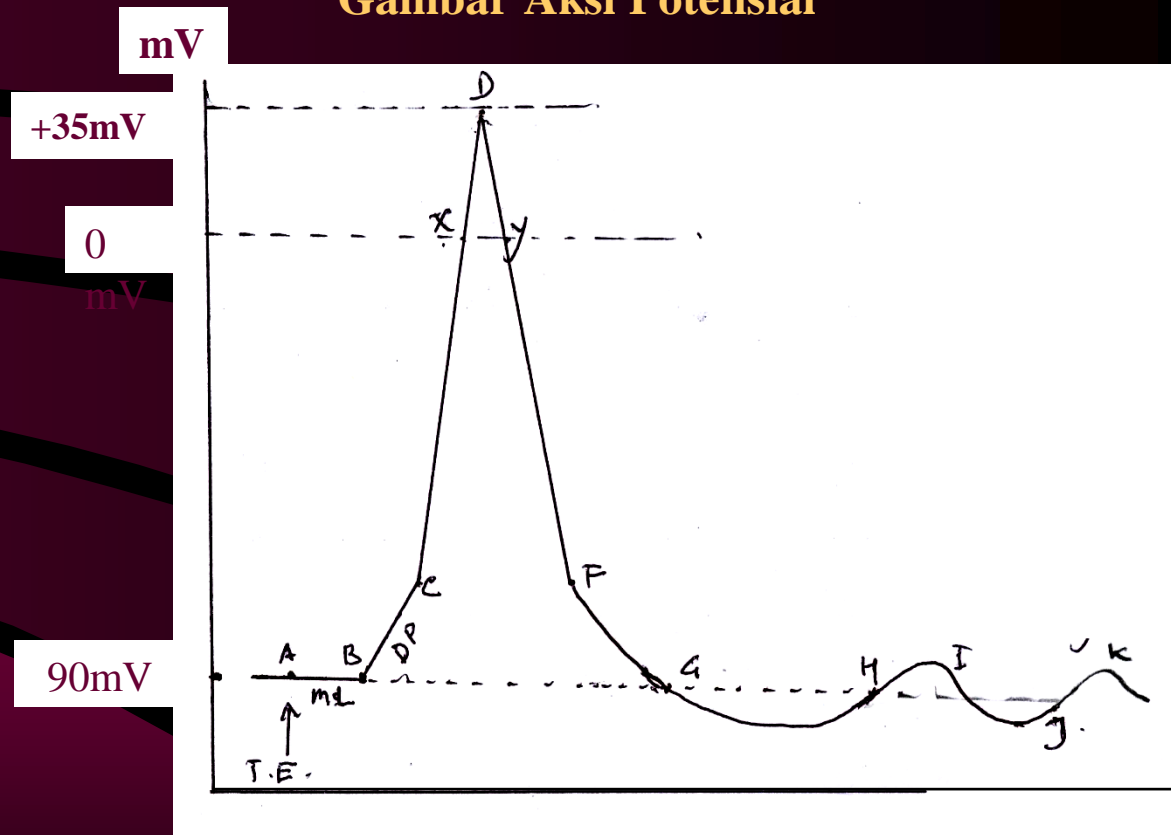
GH: Hiperpolarisasi
(positive after potential)

IYK: Osilasi

XDY: over shoot

FG: Negatif after potential

Gambar Aksi Potensial



- **Macam Rangsangan :**

1. rangsangan mekanis
2. thermis
3. rangsangan listrik arus anode atau katode
4. rangsangan kimia: basa/asam, hormon-hormon seperti acetylcholine, adrenalin

Dinamika ion-ion pada potensial aksi :

1. Penurunan potensial aksi membran meningkatkan permeabilitas membran terhadap Na. Kenaikan P_{Na} ini dapat mencapai beberapa ribu kali.

2. Akibat kenaikan P_{Na} yang sangat besar ini maka terjadilah influx Na yang sangat deras, sehingga menyebabkan potensial membran menjadi nol (depolarisasi), bahkan dapat terlanjur (overshoot) menjadi positif (potensial terbalik = reversal potential).

Influx yang deras ini hanya terjadi beberapa saat (1 milidetik) karena P_{Na} kembali normal, di samping itu juga gradien konsentrasi Na di dalam dan di luar sel menjadi sangat kecil

3. Pada saat P Na mulai turun maka ganti P K yang mulai naik (sampai 50 kali) sehingga terjadi eflux Kalium. Potensial membran akan kembali akibat dari eflux kalium. Peristiwa ini disebut repolarisasi.
4. Pada akhir repolarisasi, eflux ion K menjadi lambat dan disebut "After Depolorization" atau "Negative After Potential". hal ini diduga karena PK sudah mulai menurun dan juga karena gradien konsentrasi ion K di dalam dan diluar membran menjadi rendah.
5. Sesudah proses repolarisasi tercapai maka potensial membran kembali seperti PMI. Akan tetapi komposisi ion belum, karena komposisi ion menjadi terbalik. Pada fase ini sodium potassium pump akan bekerja mengembalikan komposisi ion-ion dengan memompa Kalium ke dalam dan ion Natrium keluar. Kemampuan daya pompa terhadap Natrium lebih besar dibandingkan terhadap Kalium, sehingga mula-mula potensial membran sedikit lebih besar dari PMI dan disebut "AFTER HIPERPOLARIZATION" atau "POSITIVE AFTER POTENTIAL".

Hukum All or None :

Potensial mengikuti hukum “All or none”. Artinya selama besarnya rangsangan sama atau lebih besar dari nilai ambang dan kondisinya sama, maka besarnya potensial aksi untuk tiap sel eksitabel sama besarnya dan tidak tergantung oleh besarnya rangsangan

Jaringan Otot Polos

Berasal dari lembaga mesoderm atau mesenkim, yg tumbuh lonjong spt kumparan
→ inti ikut memanjang menjadi mioblas (bakal sel otot) → terbentuk miofibril sebagai elemen kontraktile → tumbuh menjadi sel otot polos

→ mempunyai serabut-serabut (fibril) yg homogen → bila diamati di bawah mikroskop tampak polos atau tidak bergaris-garis

Mikroskopik serat otot polos :

- Serat berbentuk fusiform, saling menutupi sepanjang serat membentuk berkas otot yang tersusun berdekatan dan saling tegak lurus
- Inti sel otot polos terdapat satu, letaknya di tengah dan berbentuk lonjong.
- Sarkoplasma mengandung mitokondria, RE halus, ribosom bebas, aparatus golgi, glikogen dan lipid
- Sisa sarkoplasma mengandung miofilamen tebal dan tipis dengan perbandingan yang tipis lebih banyak

- Terdapat caveolae yg berfungsi sebagai pengganti tubulus T → berfungsi sebagai pengatur aliran calsium pada depolarisasi membran saat kontraksi
- Sarkolema dilapisi oleh lamina basal
- Serat-serat retikular dan elastin mengisi celah-celah interseluler
- Butir glikogen banyak terdapat dalam sitoplasma
- Memiliki deretan filamen intermediat (10 nm) dalam sitoplasma. Protein dari filamen intermediat :
 - a. Desmin (Skeletin), protein yang paling utama
 - b. Vimentin

A. Potongan memanjang otot polos (usus) :

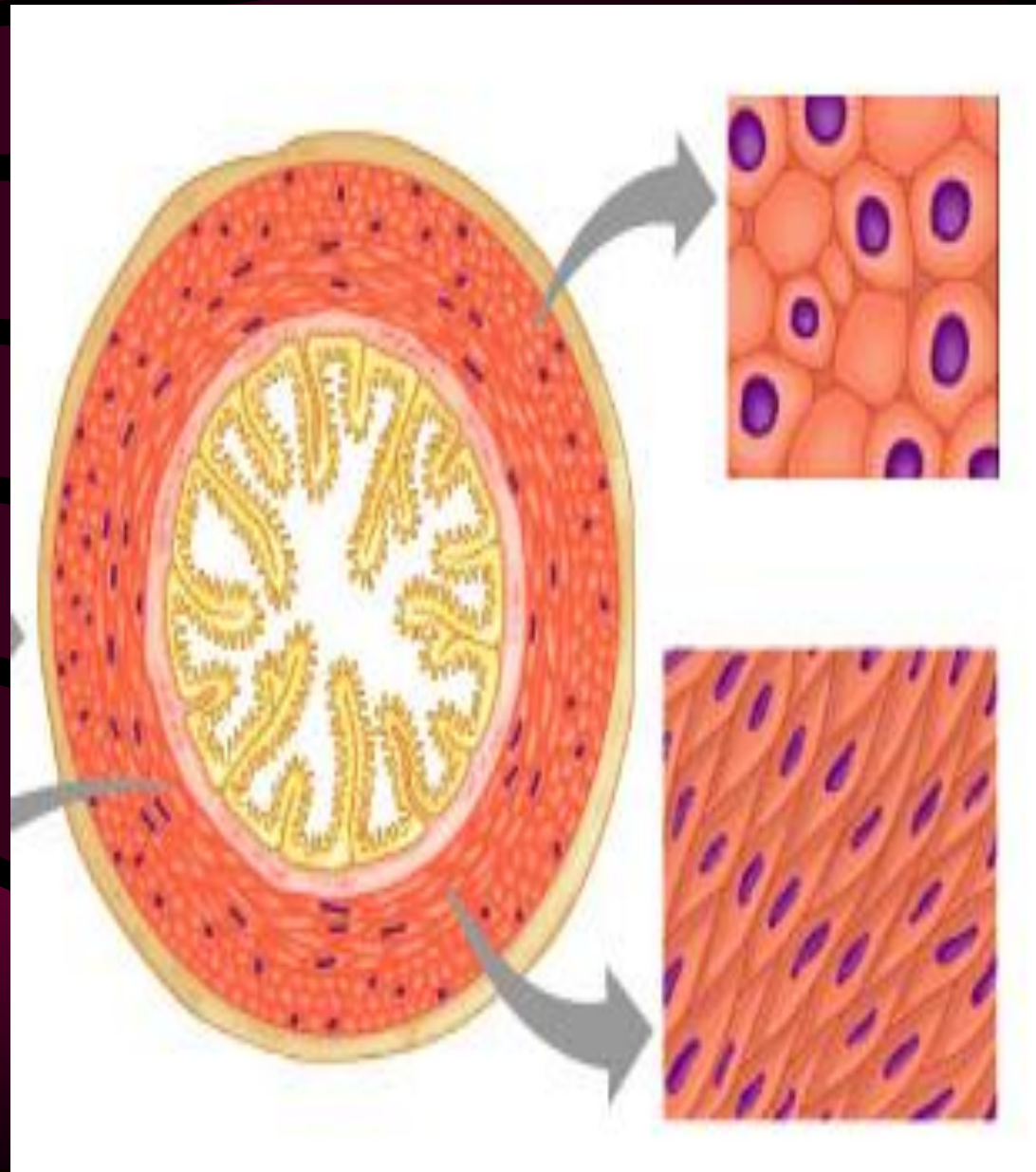
- Sel otot polos berbentuk fusiform dengan kedua ujung runcing**
- Inti sel lonjong terdapat di tengah sel**

B. Potongan melintang (usus) :

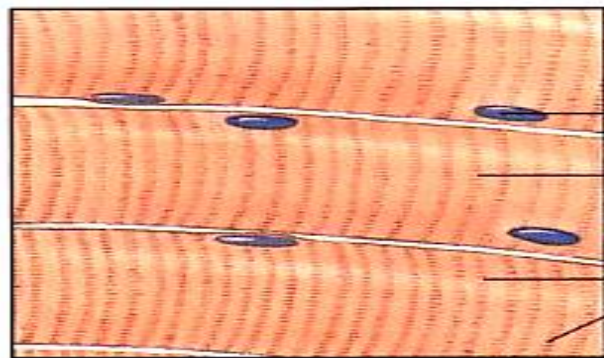
- Sel otot polos terlihat bulat dan tidak sama besar**
- Inti sel terlihat pada penampang potongan yg besar dan terlihat bulat di tengah**

Smooth Muscle Fibers

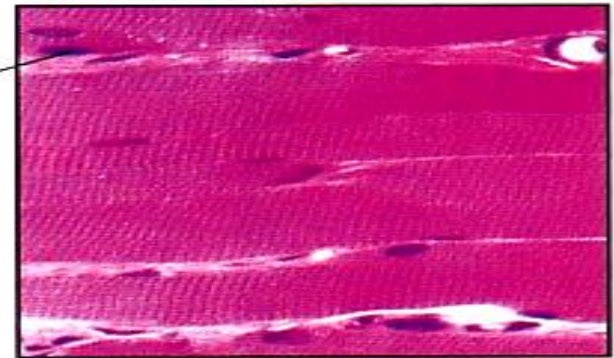
- **Spindle shaped**
 - 2-10 μm diameter
 - 20-200 μm long
- **Nonstriated**
- **Central nucleus**
- **Arranged in sheets**



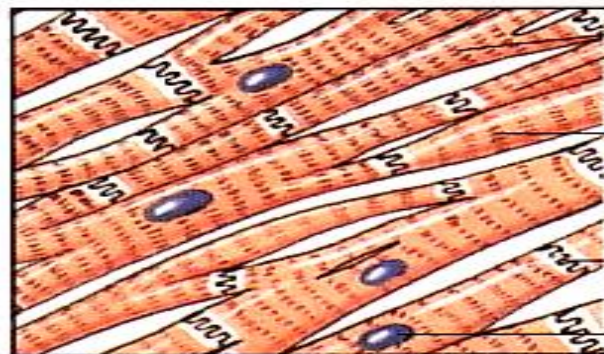
(a) Skeletal muscle



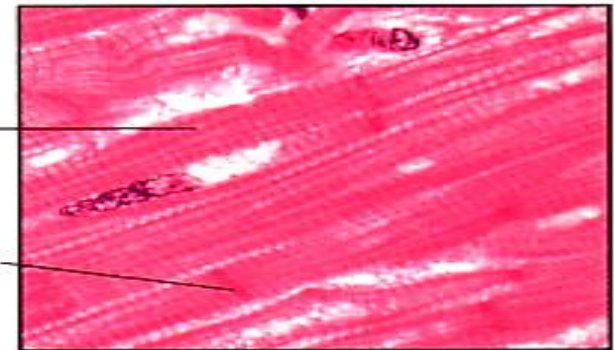
Nucleus
Muscle fiber
(cell)
Striations



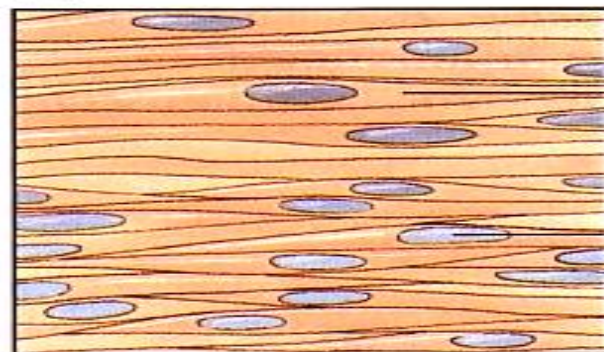
(b) Cardiac muscle



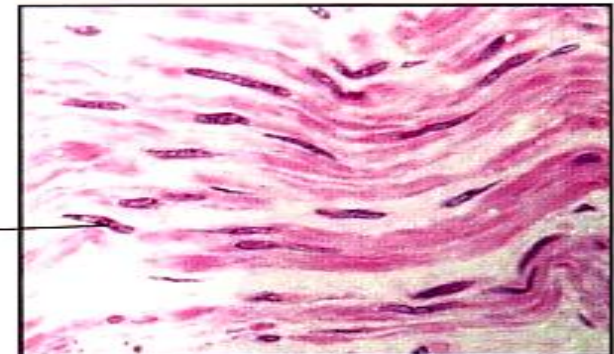
Striations
Muscle fiber
Intercalated disk
Nucleus



(c) Smooth muscle



Muscle fiber
Nucleus



● **Figure 12-1** *Three types of muscles*

- **Found in the walls of hollow visceral organs, such as the stomach, urinary bladder, and respiratory passages**
- **Forces food and other substances through internal body channels**
- **It is not striated and is involuntary**
- **Kemampuan beregenerasi cepat. Setelah cedera terjadi, sel-sel otot polos mononukleus yang masih hidup bermitosis dan menggantikan jaringan yang rusak**

Fungsi Otot Polos

- Fungsi erat hubungannya dengan distribusi dari otot ini.
- Pada sistem kardiovaskuler, sistem digestivus, sistem urogenital & sistem respirasi → mengatur diameter lumen & motilitas sistem tsb
- Sistem digestivus : mengadakan kontraksi secara ritmik disebut peristaltik
- Sistem genital feminina : mendorong sel telur & sperma supaya dapat bertemu dan terjadi pembuahan
- Pada pembuluh darah terutama arteri : membantu distribusi / aliran darah dalam tubuh.

OTOT RANGKA	OTOT JANTUNG	OTOT POLOS
MELEKAT DI TULANG	TERDAPAT DI JANTUNG	DI DINDING ORGAN BERONGGA
KONTRAKSI VOLUNTAR	KONTRAKSI OTOMATIK	KONTRAKSI OTOMATIK (SSO)
SERABUT OTOT	GAP JUNCTION (INTERCALATED DISK)	SPINDLE-SHAPE CELLS
MULTINUKLEUS, SEL OTOT BERSTRIA	NUKLEUS TUNGGAL, SEL OTOT BERSTRIA	NUKLEUS TUNGGAL, SEL TANPA BERSTRIA
PROTEIN KONTRAKTIL DISUSUN DALAM SARKOMER	PROTEIN KONTRAKTIL DISUSUN DALAM SARKOMER	TIDAK ADA SARKOMER, AKTIN BERIKATAN DGN DENSE BODIES
KALSIUM INTRASELULAR	KALSIUM EKSTRASELULAR	KALSIUM EKSTRASELULAR

Otot polos

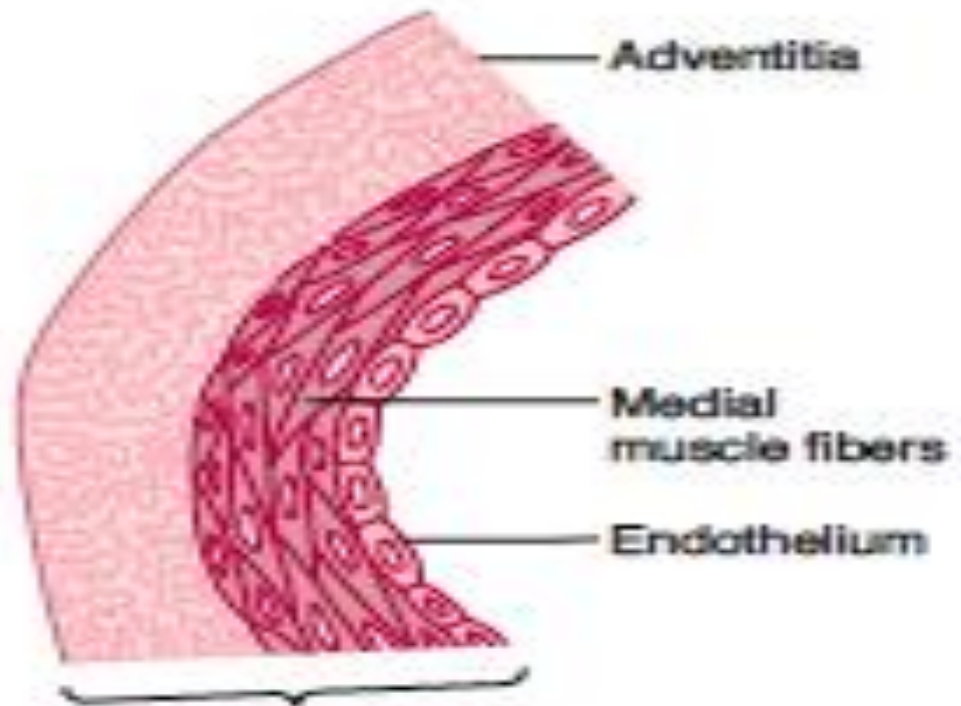
**Single – unit smooth muscle
(seringkali disebut visceral smooth
muscle)**

**Multi – unit smooth muscle
(discrete smooth muscle)**



Multi-unit smooth muscle

A



Small artery

Unitary smooth muscle

B

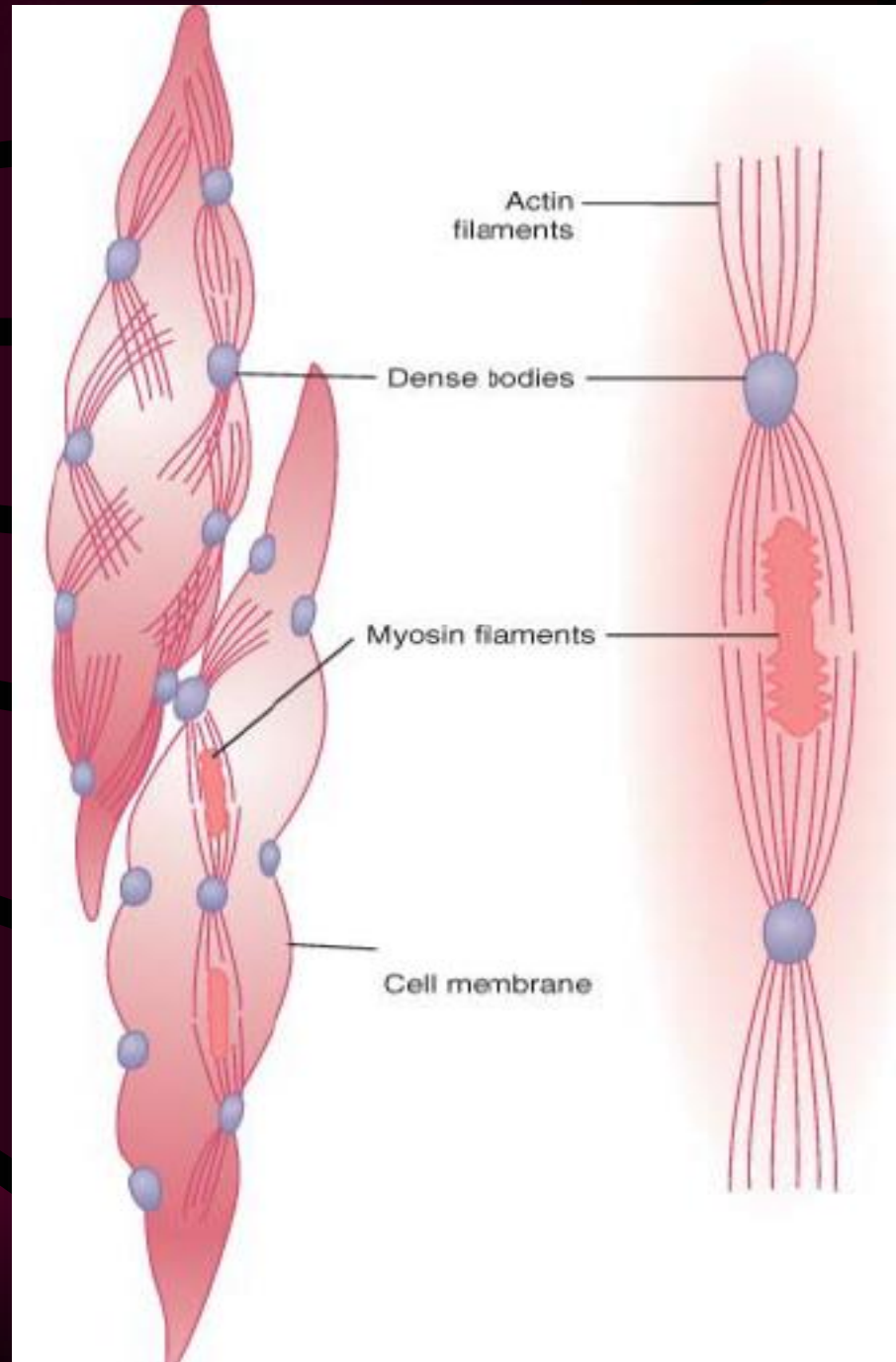
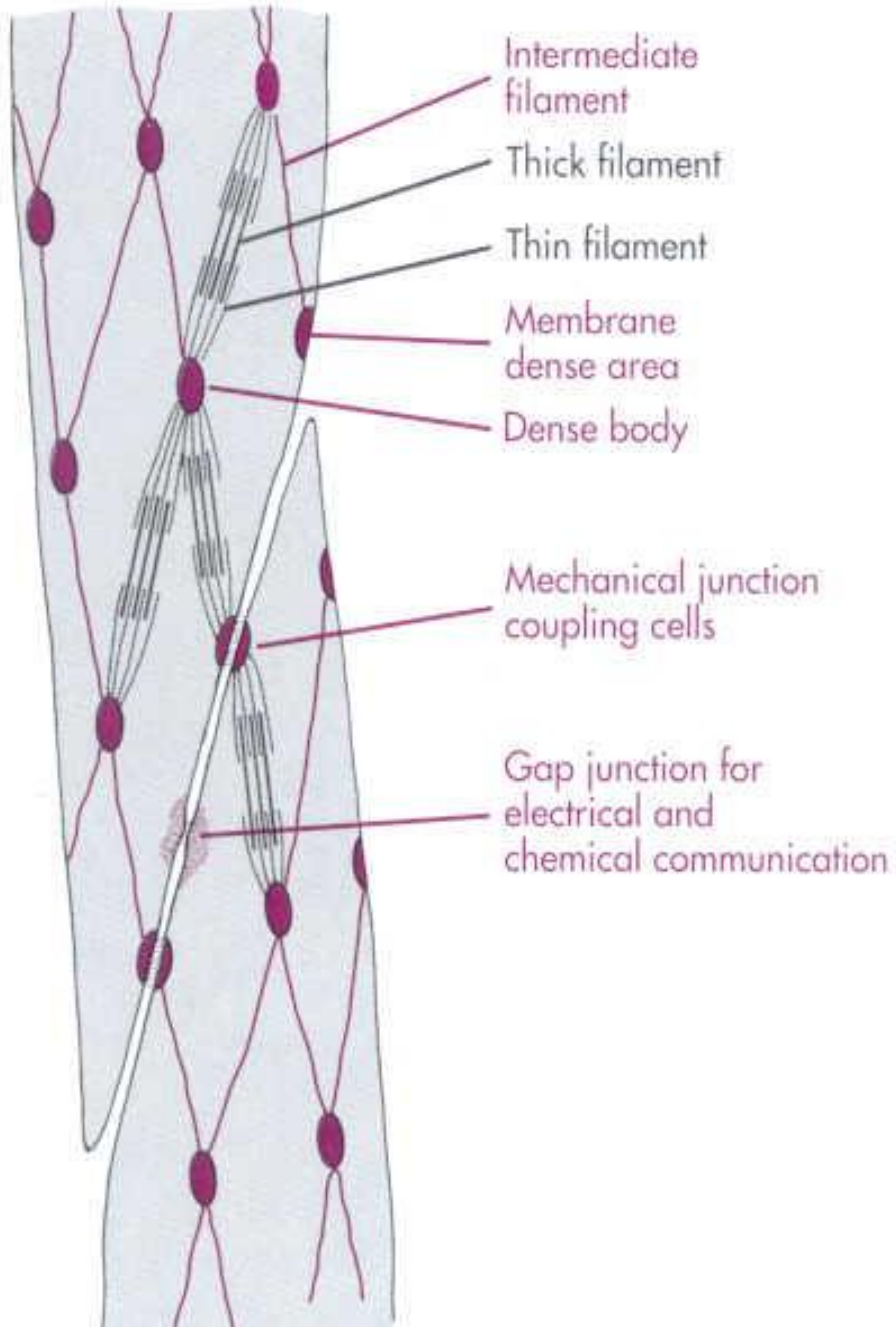
Figure 8-1

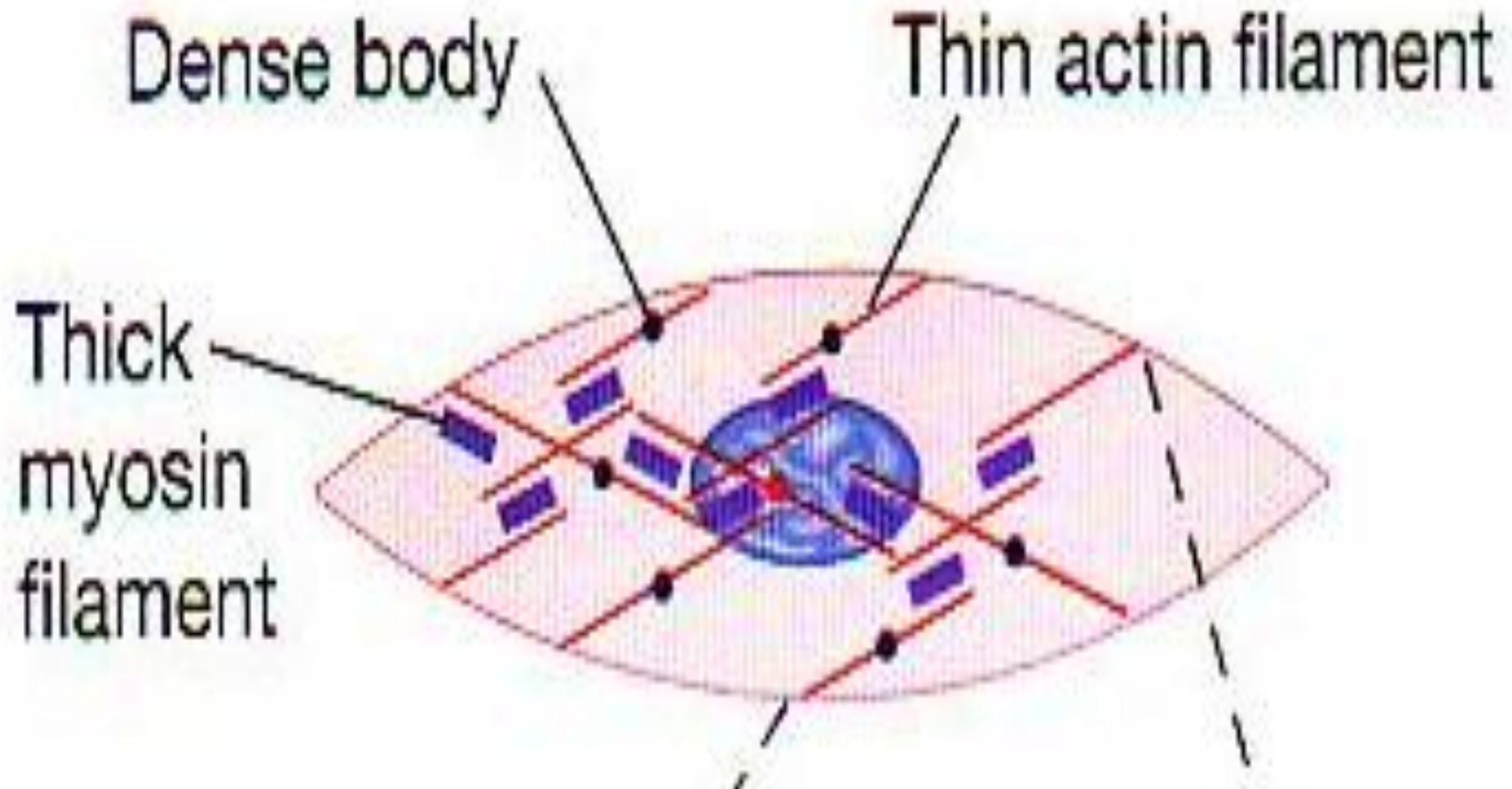
Multi-unit (A) and unitary (B) smooth muscle.

TYPES OF SMOOTH MUSCLES

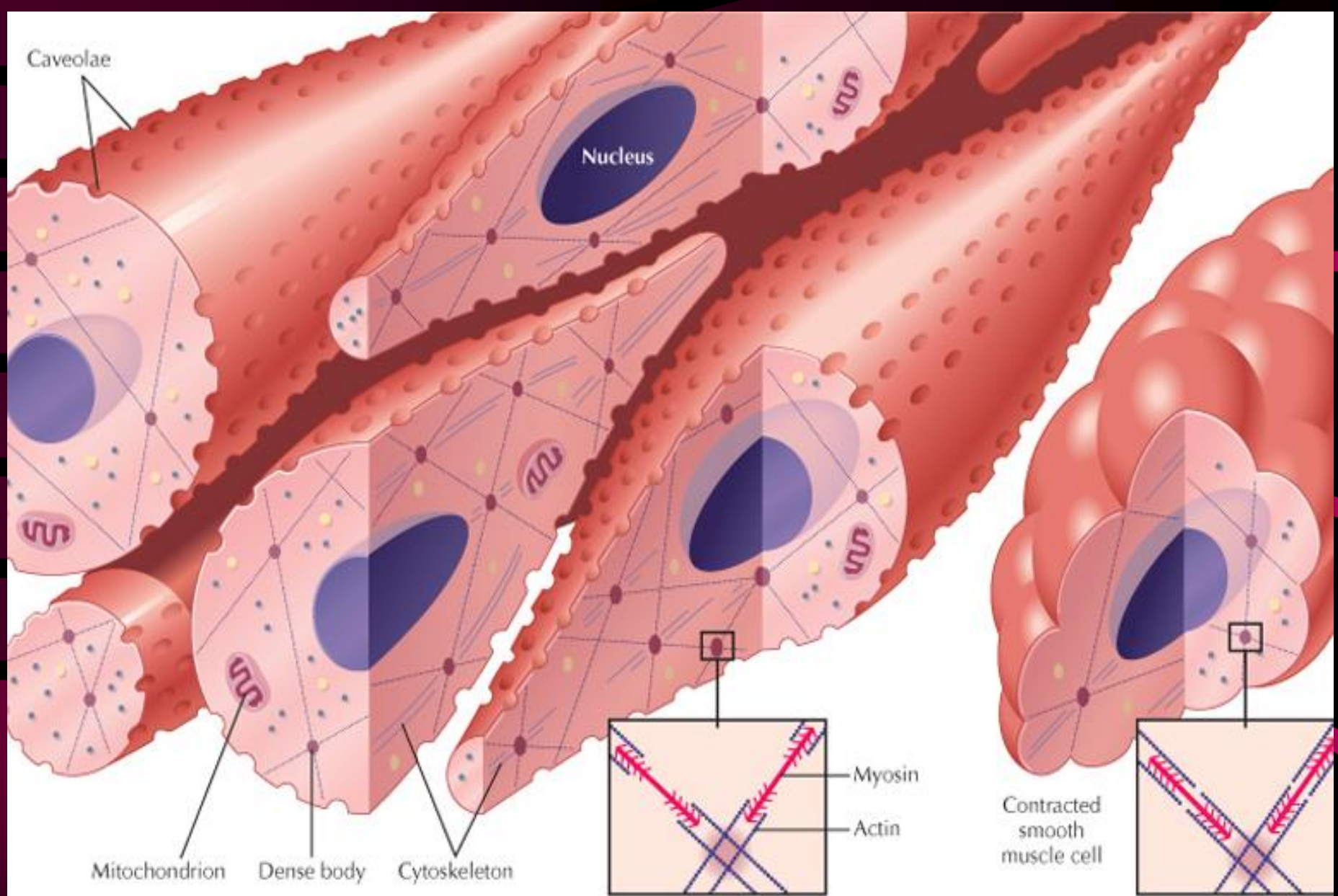
- UNITARY/ SINGLE UNIT/SYNCYTIAL/VISCERAL

1. Muscles of visceral organs .e.g. GIT, uterus, ureters & some of the smaller blood vessels.
2. Form a sheet or bundles of tissue.
3. Cell membranes show gap junctions that allows AP to pass rapidly from cell to cell.
4. AP spreads rapidly throughout the sheet of cells – *cells contract as a single unit.*





Dense body adalah tempat melekatnya actin pada sarcolemma



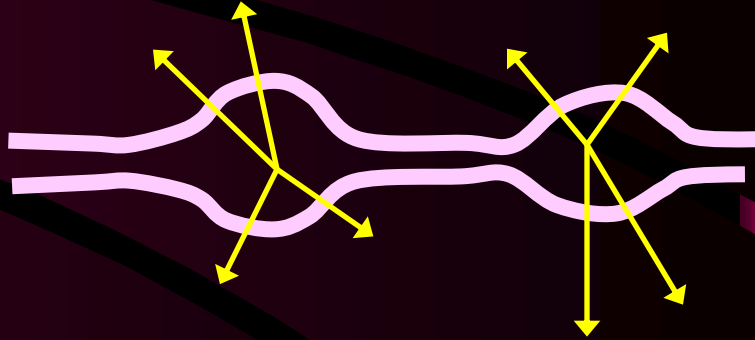
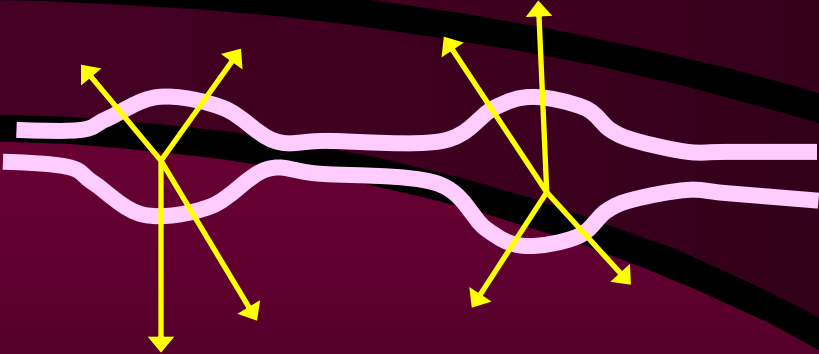
- **MULTI UNIT**

- 1. Iris & Ciliary body of the eye, large arteries**
- 2. Showing discrete, individual smooth muscle fibers.**
- 3. Smooth muscle cells not electrically linked. Each muscle fiber innervated by a single nerve ending. NE itself can spread and lead to an AP.**
- 4. Selective activation of each muscle fiber that can then contract independently of each other**

Innervations

Sympathetic

Parasympathetic



Nor epinephrine

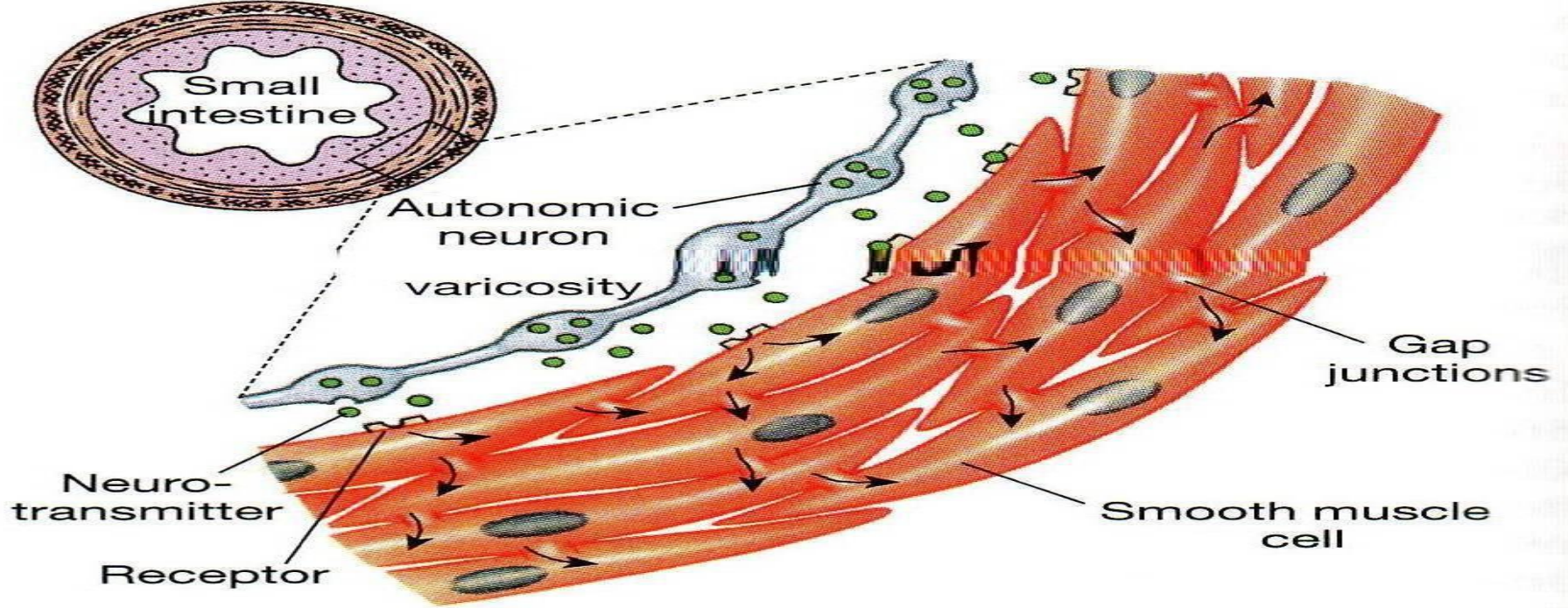
Acetylcholine

- **Single unit innervation**

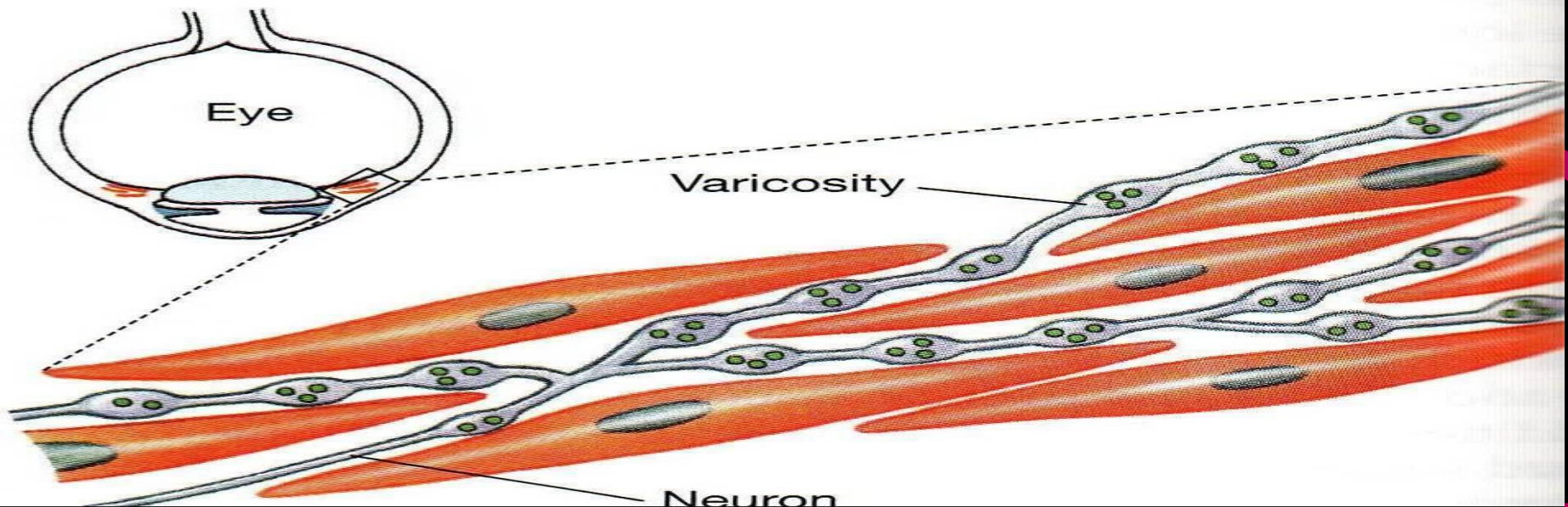
- Smooth muscle fibers connected by gap junctions
- Network receives single innervation
- Coordinated contraction

- **Multiunit innervation**

- Each fiber innervated
- Locations
 - Iris of eye
 - Arrector pili muscle of skin



(b) Multi-unit smooth muscle



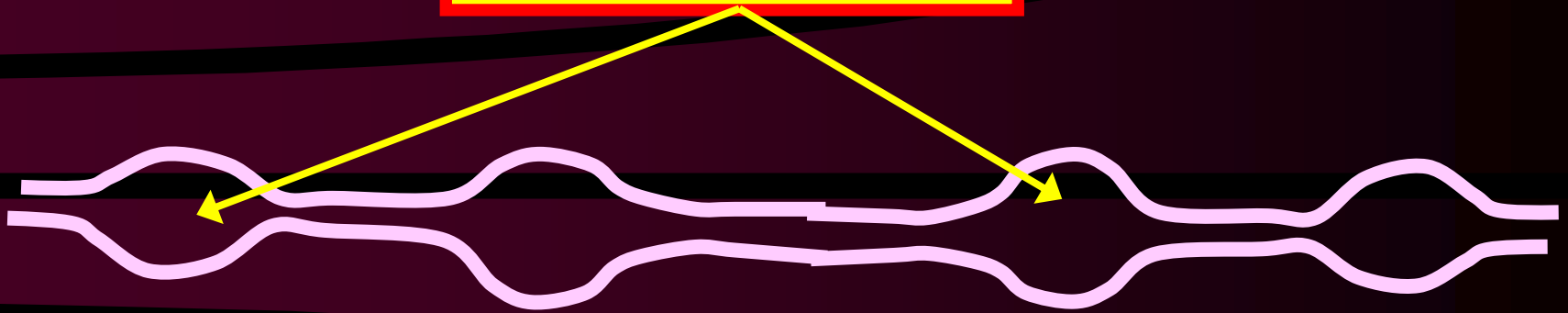
Gap junction pada

Visceral smooth muscle

**Menyebabkan sel-sel otot polos
merupakan kesatuan untuk berkontraksi
secara bersamaan**

Suatu FUNCTIONAL SYNCITIUM

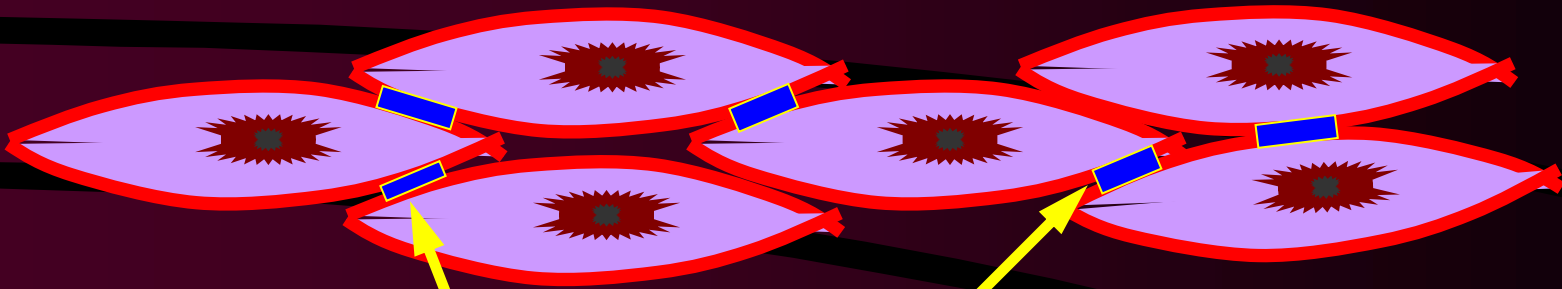
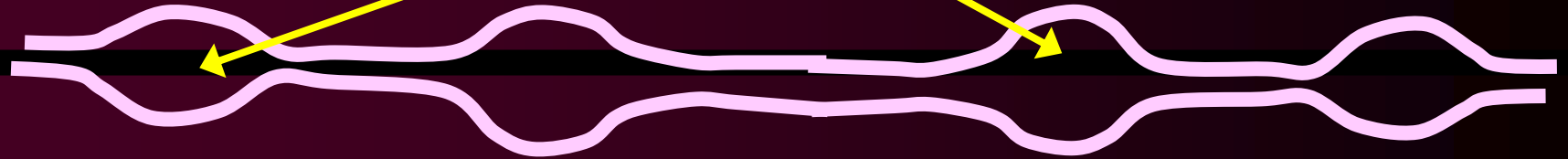
Varicose



Varicose adalah pembesaran ujung-ujung saraf otonomik & di dalamnya berisi neurotransmitter.

Apabila impuls mencapai daerah tersebut maka terjadi eksositosis vesikel yang berisi neurotransmitter

Varicose



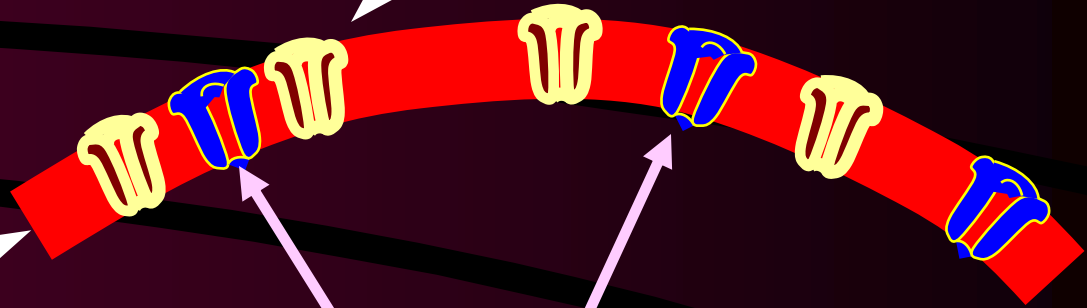
Gap junction

Visceral smooth muscle

Adrenergic receptor

Membran otot polos

**Cholinergic receptor –
muscarinic type**

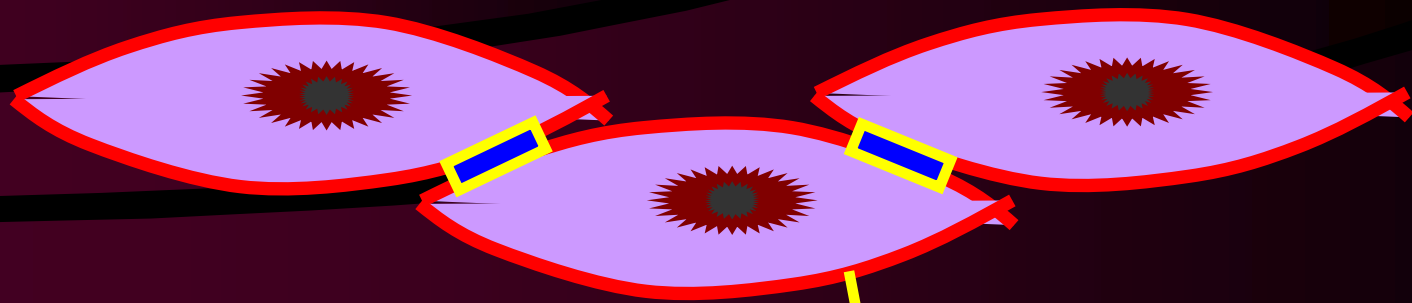


Sumber Ca untuk kontraksi pada otot polos berasal dari cairan ekstrasellular dan lumen SR

Otot polos tidak mempunyai Transverse tub. & tidak mempunyai cisterna

Otot polos tidak mempunyai TROPONIN, tetapi banyak mengandung CALMODULIN

Yang berperanan sebagai pengganti troponin



Extracellular



Cell membrane

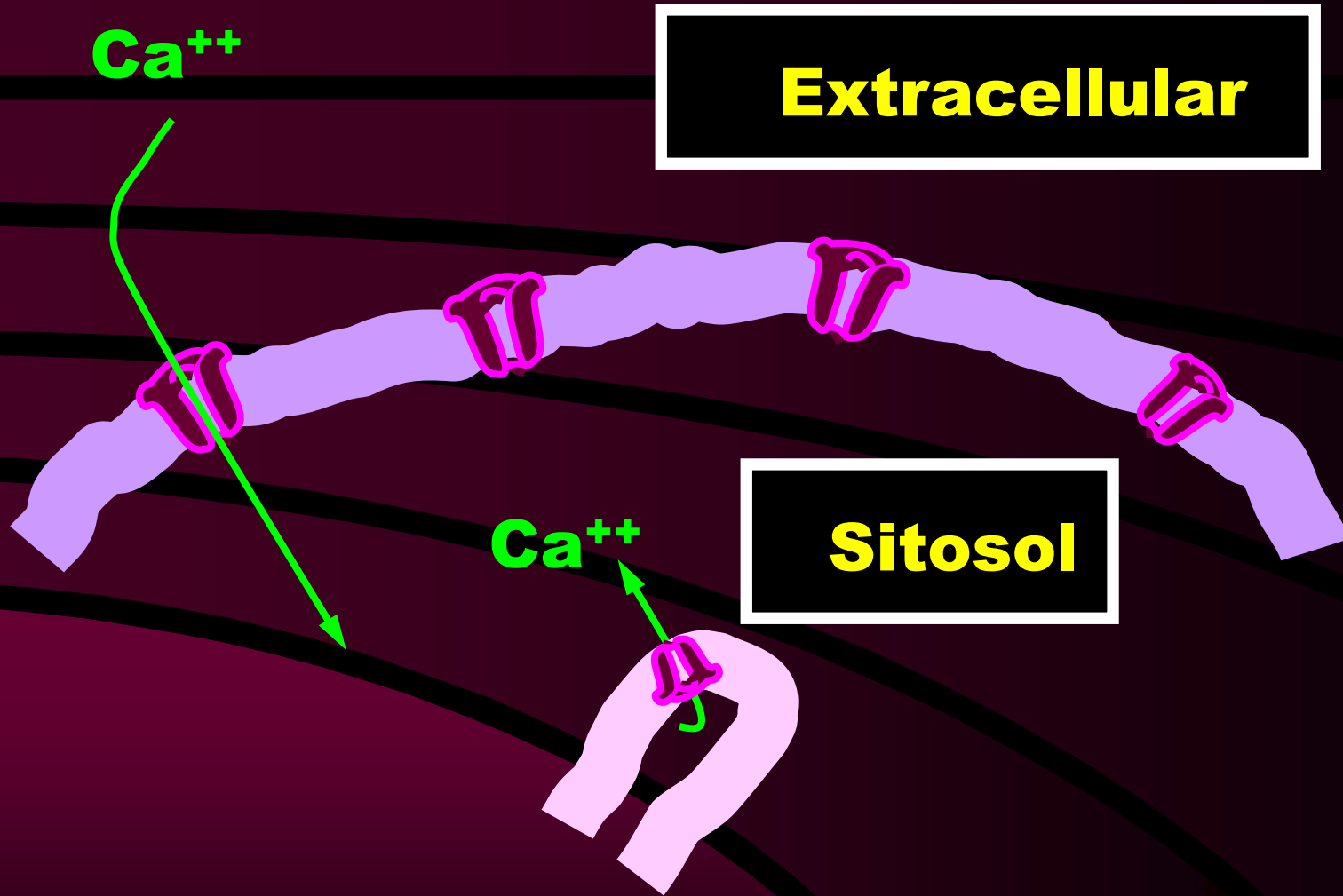
Sitosol

Saluran Ca di otot polos >>> otot rangka

Tahapan kontraksi & relaksasi otot polos

- Apabila terjadi potensial aksi di membran sel otot polos,
- maka saluran ion Ca^{2+} di membran sel & SR (sarkoplasmik retikulum) akan terbuka,
- selanjutnya ion Ca^{2+} masuk ke dalam sitosol (dari ekstraselluler dan juga dari SR)
- ion Ca^{2+} akan berikatan dengan calmodulin membentuk Ca^{2+} – calmodulin complex

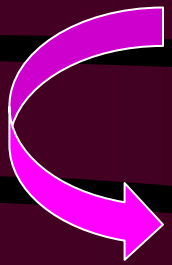
Sumber ion Ca untuk kontraksi : Ekstraselluler & SR



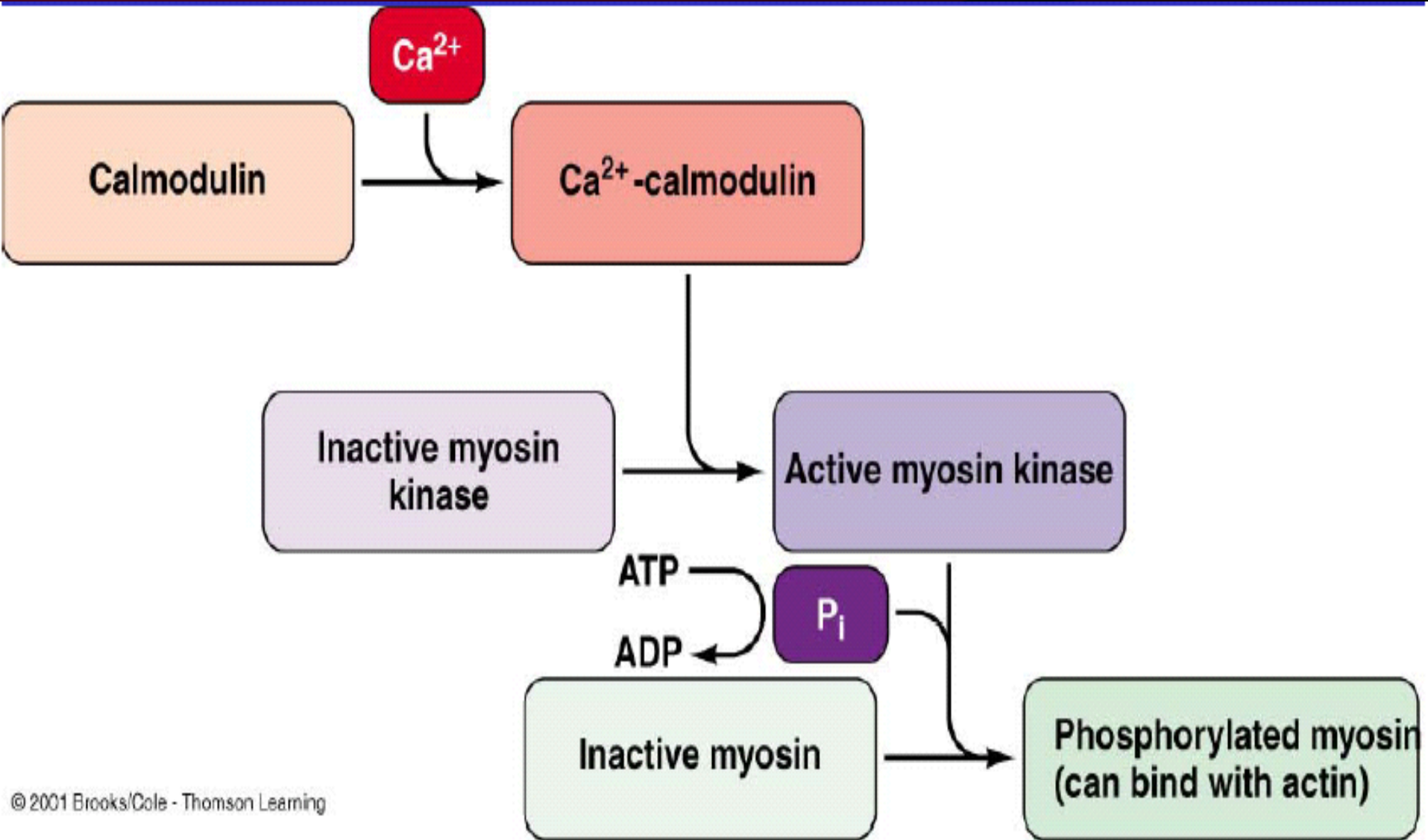
Ca²⁺ – calmodulin complex

mengaktifkan myosin light chain kinase (MLCK)

**selanjutnya MLCK akan mengaktifkan myosin
ATP-ase yang terdapat di head myosin**



Myosin ATP-ase memacu ikatan head myosin
dengan binding site actin → keadaan
inilah yang disebut **kontraksi**



Tingginya kadar Ca^{2+} di dalam sitosol akan memacu proses pemompaan secara aktif Ion Ca^{2+} keluar sel



Sehingga kadar Ion Ca^{2+} akan turun. Dengan rendahnya Ion Ca^{2+} di dalam sitosol maka Ca^{2+} -calmodulin complex akan pecah menjadi calmodulin dan Ion Ca^{2+}



Selanjutnya MLCK maupun myosin ATP-ase juga akan menjadi *inactive*, sehingga head myosin lepas dari actin, keadaan inilah merupakan fase **relaksasi**

Proses kontraksi otot polos

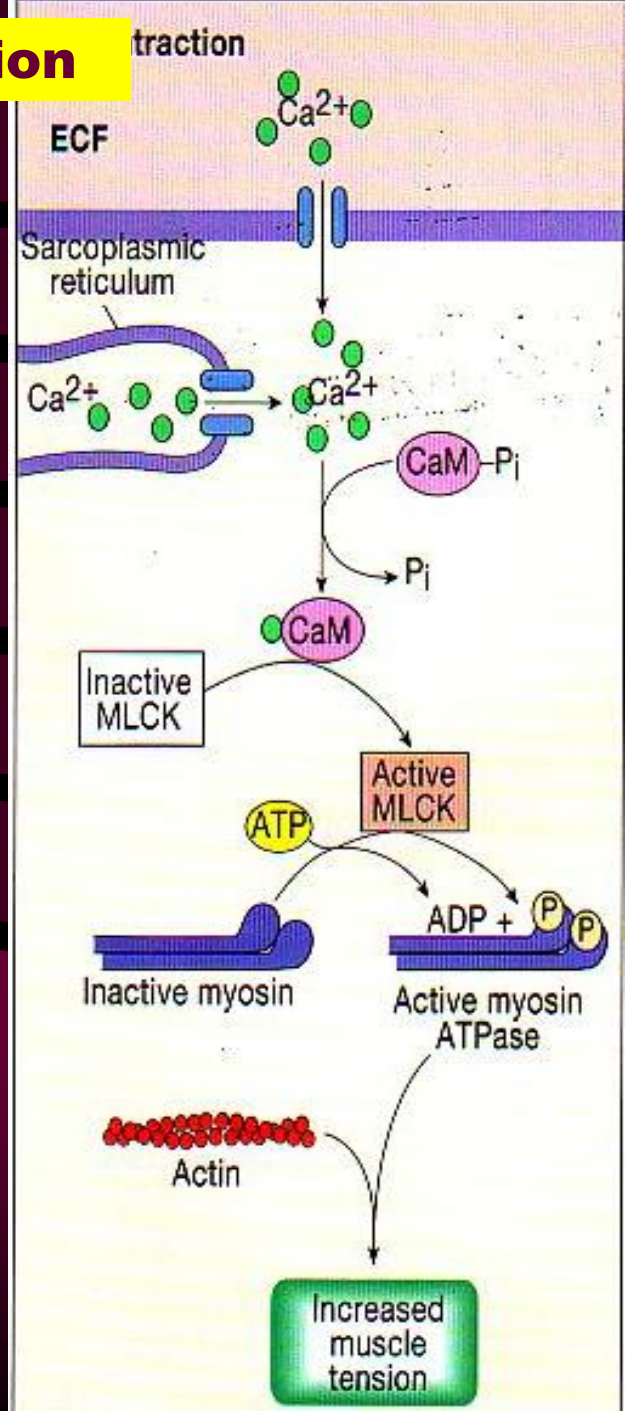
1. Ca berasal dari ekstraseluler & sebagian berasal dari SR
2. Ca masuk sitosol melalui ca channels
3. Ca berikatan dengan Calmodulin
4. Ca-Calmodulin complex mengaktifkan MLCK
5. MLCK mengaktifkan myosin ATP – ase
6. Myosin ATP-ase yang aktif menyebabkan head myosin menempel pada actin
→ **KONTRAKSI**

Proses relaksasi otot polos

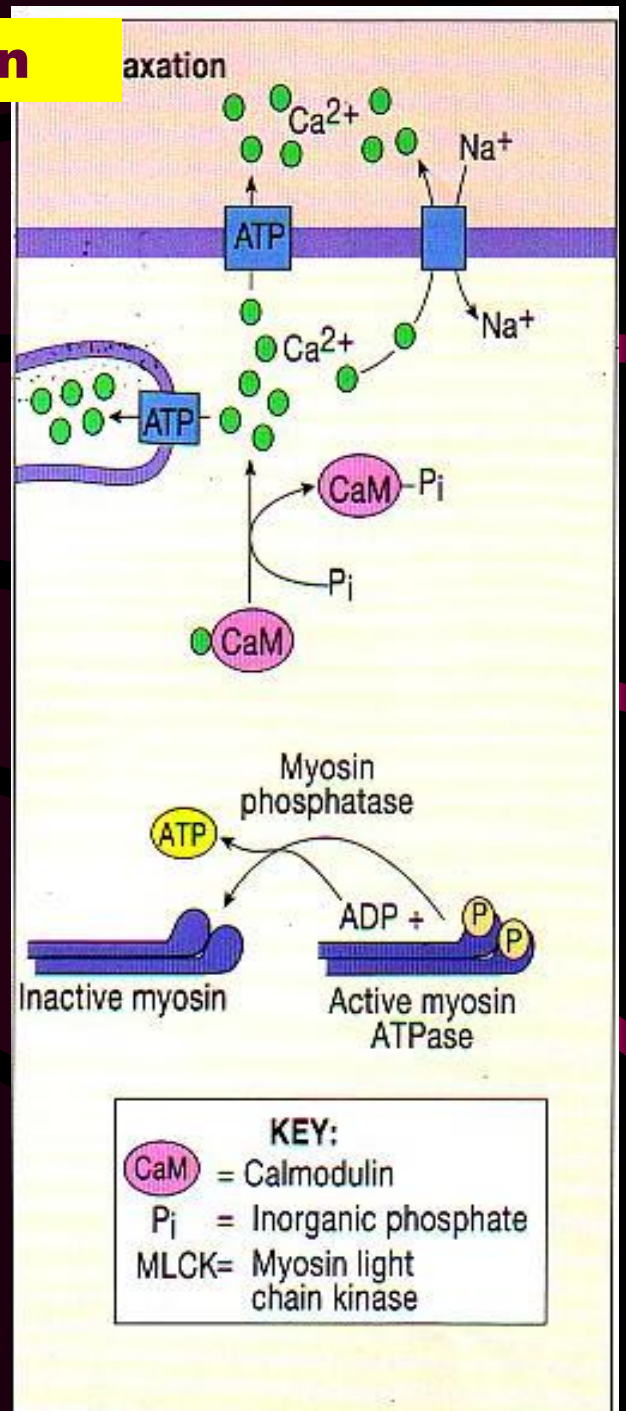
- 1. Ca dipompa keluar dari sitosol menuju SR & ekstraselular**
- 2. Ca-Calmodulin complex pecah menjadi Ca dan Calmodulin**
- 3. MLCK & Myosin-ATP^{ase} menjadi tidak aktif**
- 4. Actin lepas dari head myosin**

→ RELAKSASI

Contraction



Relaxation

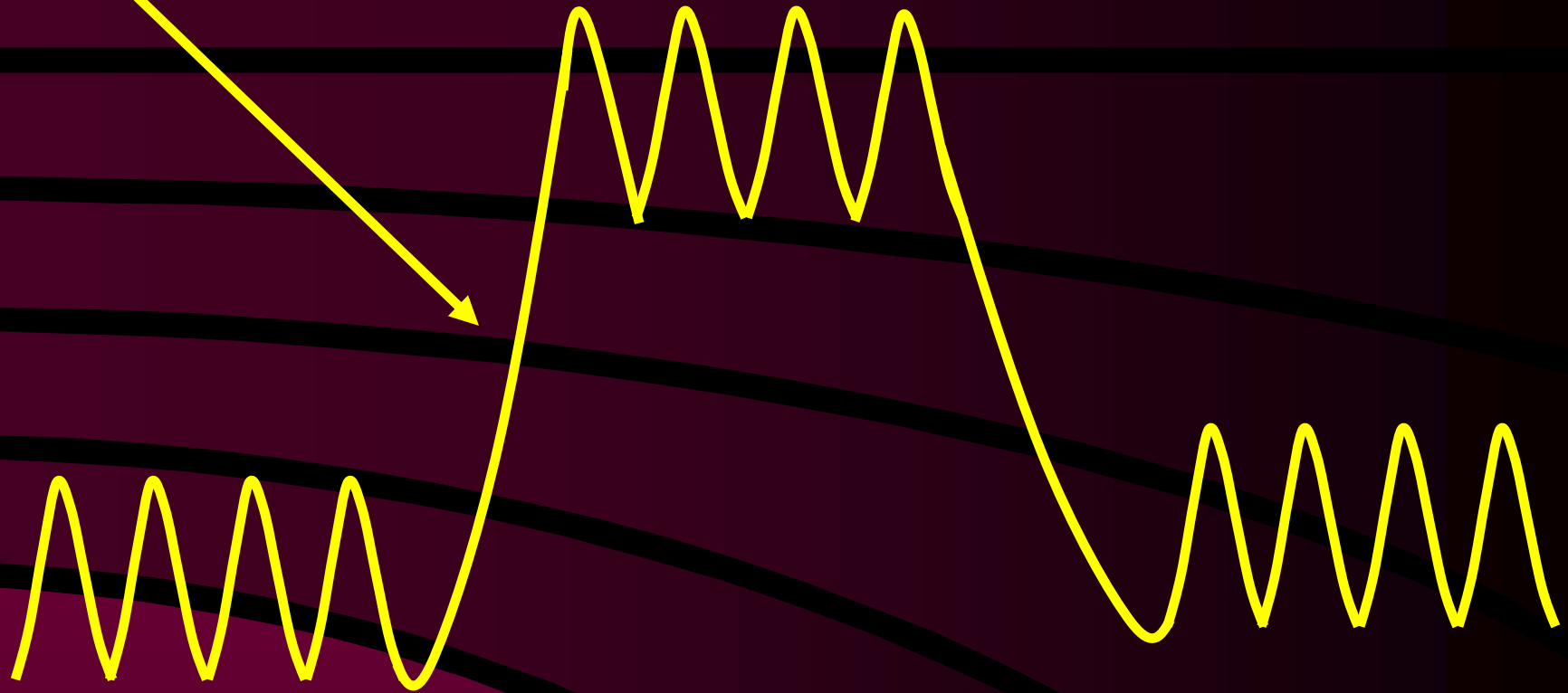
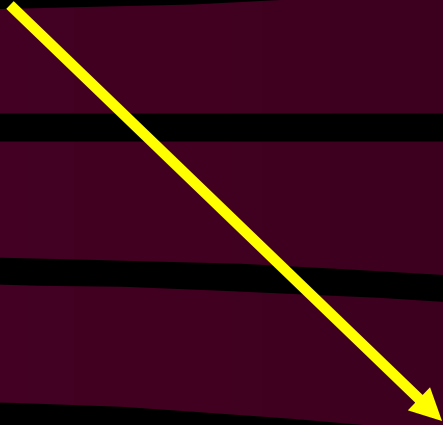


KEY:
 CaM = Calmodulin
 P_i = Inorganic phosphate
 MLCK = Myosin light chain kinase

Sifat khusus kontraksi Otot polos

- 1. Plasticity (stress relaxation)**
- 2. Tonic & rhythmic contraction**

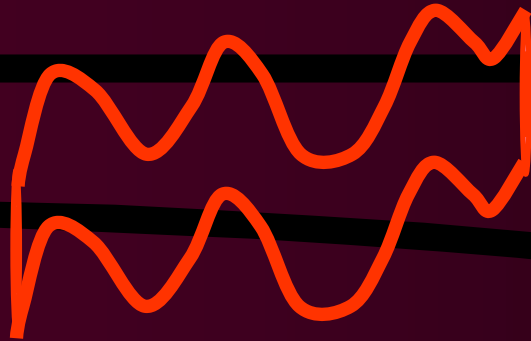
Tonic contraction



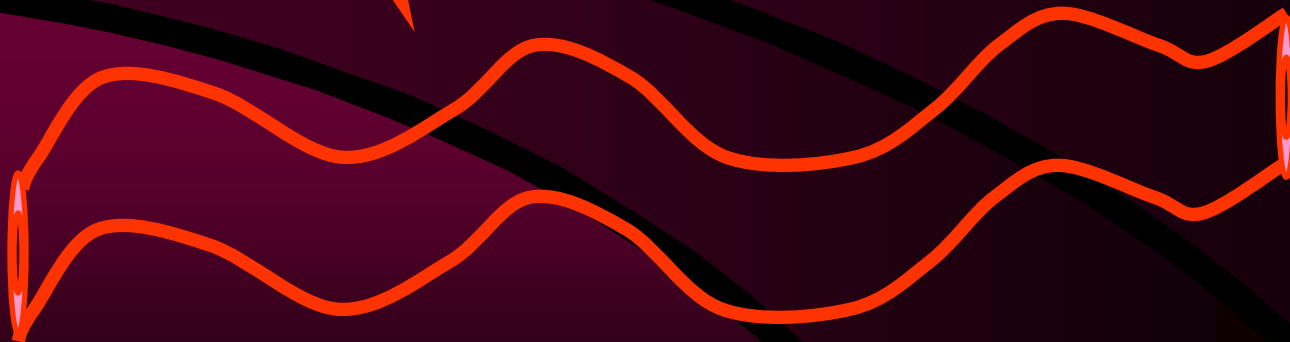
Rhythmic contraction



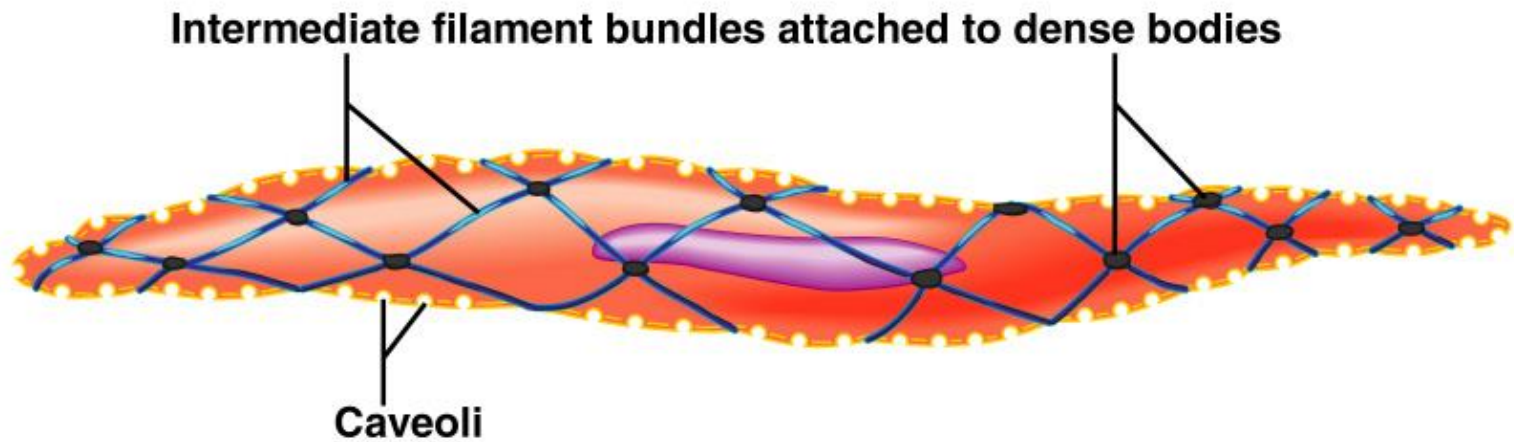
Plasticity



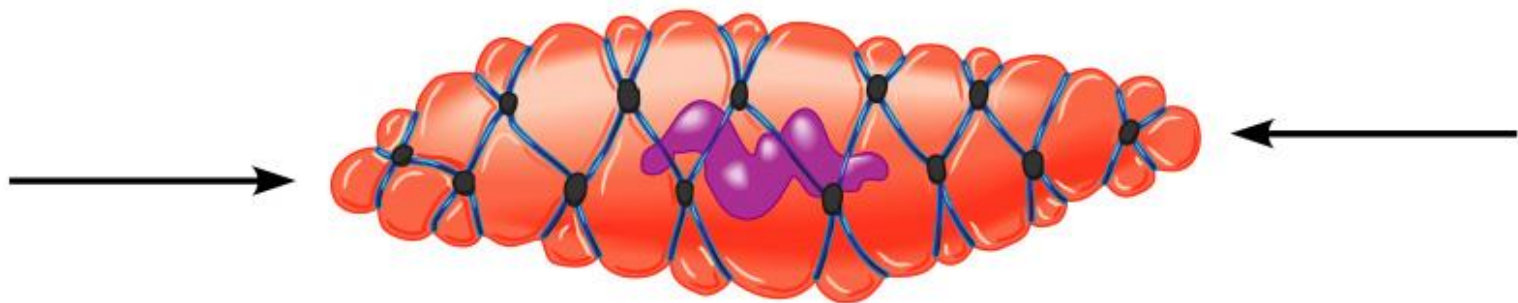
Diregangkan



Proportion and Organization of Myofilaments in Smooth Muscle



(a) Relaxed smooth muscle cell



(b) Contracted smooth muscle cell

Peristalsis

- **When the longitudinal layer contracts, the organ dilates and contracts**
- **When the circular layer contracts, the organ elongates**
- **Peristalsis – alternating contractions and relaxations of smooth muscles that mix and squeeze substances through the lumen of hollow organs**

Selamat
belajar!

Sekian
Terimakasih

