

The background is a light beige color with a fine, speckled texture resembling paper. Overlaid on this are several large, organic, wavy shapes in shades of brown and tan. Some of these shapes have thin, white, curved lines drawn over them, giving the impression of veins in stone or perhaps stylized plant stems. The overall aesthetic is soft and naturalistic.

Biology

Lecture 16

By/ S.M.S.M

← مقرر 2 للصيكن الجلوي

Microfilaments (Actin Filaments)

- **Microfilaments (MF)** are thin solid rods and present in all eukaryotic cells.
- MF are also called **actin filaments** because they are **built** from molecules of **G-actin**, a globular protein.

1. الخيوط الدقيقة (خيوط الأكتين) - Microfilaments (Actin Filaments)

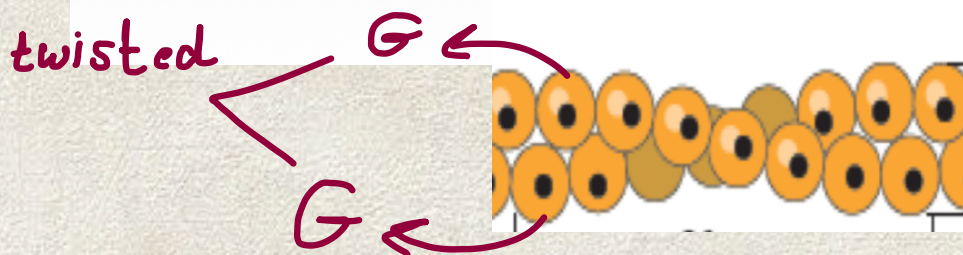
- **التعريف والبنية:** هي عبارة عن قضبان صلبة رقيقة موجودة في جميع الخلايا حقيقية النواة. تُعرف أيضاً بـ خيوط الأكتين لأنها تتكون من جزيئات بروتين كروي يُسمى "G-actin".

- Under the right conditions, **G-actin molecules polymerize to form microfilaments**; in this form, actin is referred to as **actin filament or F-actin (filamentous actin)**.

- **عملية التشكل:** تحت الظروف الملائمة، تتبلر جزيئات G-actin لتكوين الخيوط الدقيقة، وفي هذه الحالة يُطلق عليها اسم "F-actin" أو الأكتين الخيطي. يتكون الخيط الدقيق من سلسلتين ملتويتين من وحدات G-actin الفرعية.

- A microfilament is a **twisted double chain** of G-actin subunits.
- Besides occurring as free actin (**G-actin**) and linear filaments (**F-actin**), microfilaments can form structural networks (**actin network**).

- الخيط الدقيق هو عبارة عن سلسلة مزدوجة ملتوية من وحدات G-actin الفرعية.
- بالإضافة إلى وجودها كأكتين حر (G-actin) وخيوط خطية (F-actin)، يمكن للخيوط الدقيقة أن تشكل شبكات هيكلية (شبكة الأكتين).



* السيتوبلازم الذي يحتوي على
more soluble هو G-actin

* السيتوبلازم الذي يحتوي على
actin network

↓
ظاهر باتجاه أنه يَبْقَى
semisolid

Polymerize

↓
ربط
من
G-actin

↓
F-actin

↓
network

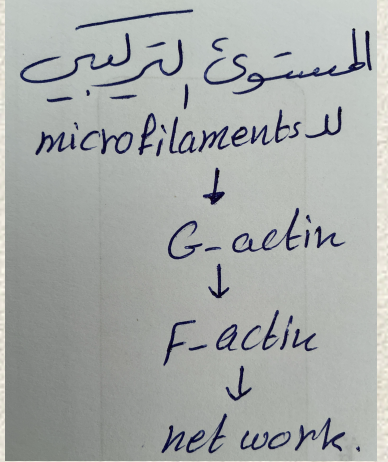
↓
من sol إلى gel

فككتنا هذه
ال network

↓
F-actin

↓
G-actin

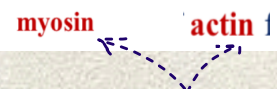
↓
من gel إلى sol



- A 3D network formed by microfilaments just to the inside of the plasma membrane (**cortical microfilaments**) helps support the cell's shape, which gives the outer cytoplasmic layer of a cell, called the **cortex**, the **semisolid consistency of a gel**, in contrast with the more fluid state of the interior cytoplasm.

• تساعد الشبكة ثلاثية الأبعاد التي تشكلها الخيوط الدقيقة داخل الغشاء البلازمي مباشرة (الخيوط الدقيقة القشرية) في دعم شكل الخلية، مما يمنح الطبقة السيتوبلازمية الخارجية للخلية، والتي تسمى القشرة (**cortex**)، القوام شبه الصلب للهلام (الجل)، على عكس الحالة الأكثر سيولة للسيتوبلازم الداخلي.

- Microfilaments are best known for their role in the **contraction of muscle cells**.
- MFs are **not limited to muscle cells**, and occur in almost all eukaryotic cells and are involved in numerous other phenomena, including a variety of **locomotory** and **structural functions**.



• تشتهر الخيوط الدقيقة بدورها في انقباض الخلايا العضلية.
• الخيوط الدقيقة لا تقتصر على الخلايا العضلية، بل توجد في جميع الخلايا حقيقية النواة تقريباً وتشارك في العديد من الظواهر الأخرى، بما في ذلك مجموعة متنوعة من الوظائف الحركية والهيكلية

G-Actin Monomers Polymerize into F-Actin Microfilaments

بلمرة مونومرات G-Actin إلى خيوط الأكتين الدقيقة F-Actin

- **G-actin monomers** can polymerize **reversibly** into filaments with a **lag phase** (filament nucleation), which begins with formation of dimers or trimers, called **nucleation seeds**, followed by a more **rapid** polymer **elongation phase**.

• يمكن لمونومرات G-actin أن تتبلمر بشكل عكسي إلى خيوط مع وجود مرحلة تأخر (نواة الخيط)، والتي تبدأ بتكوين ثنائيات أو ثلاثيات، تسمى بذور النواة، تليها مرحلة استطالة بوليمر أكثر سرعة.

- The **F-actin filaments** that form are composed of **two linear strands of polymerized G actin wound around each other in a helix**.

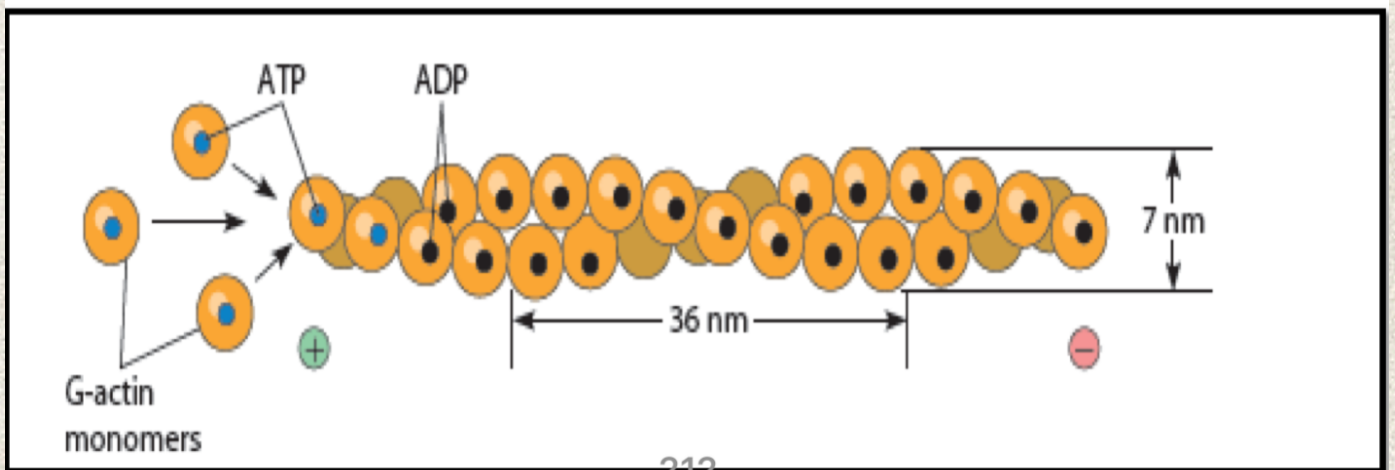
• تتكون خيوط F-actin التي تتشكل من خيطين خطيين من الأكتين G-actin المتبلمر والمتلفين حول بعضهما البعض في شكل حلزوني.

- Within a microfilament, **all the actin monomers** are oriented in the **same direction**, so that an MF, like a microtubule, has certain **polarity**.

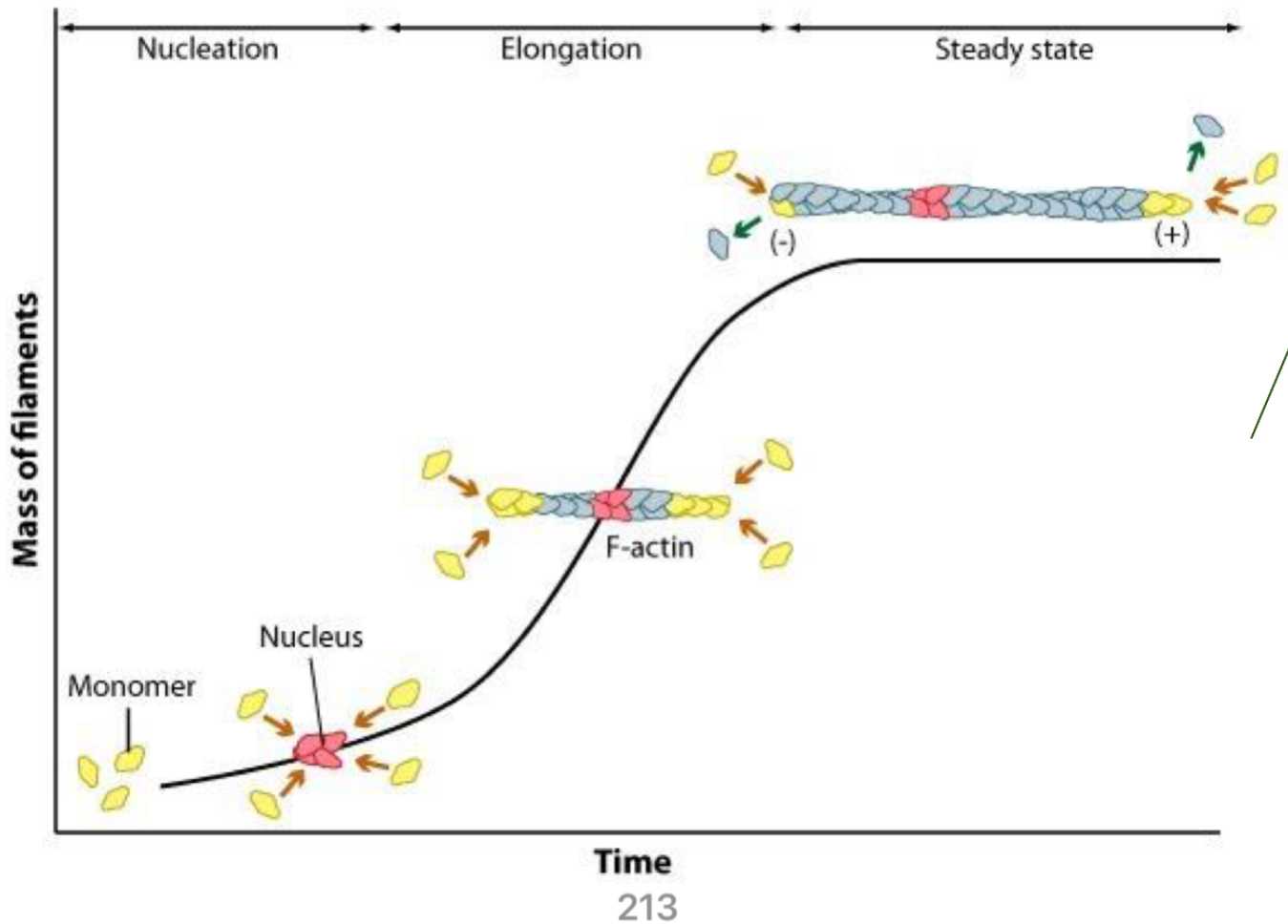
• داخل الخيط الدقيق، تكون جميع مونومرات الأكتين موجهة في نفس الاتجاه، بحيث يكون للخيط الدقيق، مثل الأنيبيب الدقيق، قطبية معينة.

- **In vitro**, rate polymerization proceeds **much faster** at the **plus (+) end**, than the rate at **minus (-) end**.

• في المختبر، يسير معدل البلمرة بشكل أسرع بكثير عند النهاية الموجبة (+)، من المعدل عند النهاية السالبة (-).



Kinetics of Microfilaments Assembly



Microfilaments functions

- Examples of **locomotory** function of microfilaments:
- **Muscle contraction:** Thousands of **actin** filaments (some times called thin filaments) and thicker filaments made of a protein called **myosin** interact to cause contraction of muscle cells.

• أمثلة على الوظيفة الحركية:

- انقباض العضلات: تتفاعل آلاف خيوط الأكتين (تسمى أحياناً الخيوط الرقيقة) مع خيوط أكثر سمكاً مصنوعة من بروتين يسمى **الميويسين** لإحداث انقباض الخلايا العضلية.

- Cell migration via **pseudopodia formation**: the unicellular protist *Amoeba* and some of our white blood cells. These cell crawl along a surface by extending cellular extensions called **pseudopodia** and moving toward them.

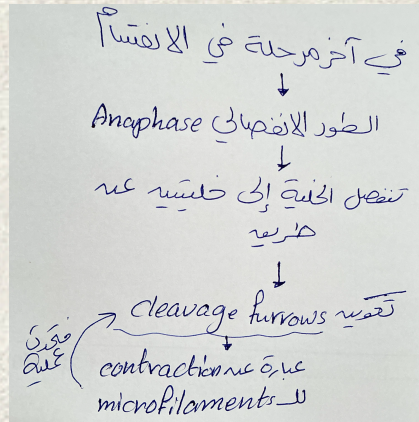
- هجرة الخلايا عبر تكوين الأقدام الكاذبة: كما في كائن الأميبا أحادي الخلية وبعض خلايا الدم البيضاء لدينا؛ حيث تزحف هذه الخلايا على طول السطح عن طريق تمديد امتدادات خلوية تسمى الأقدام الكاذبة والتحرك نحوها.

- **Cytoplasmic streaming movement**: In plant cells, actin-protein interactions contribute to **cytoplasmic streaming**, a circular flow of cytoplasm within cells, which speeds the movement of organelles and the distribution of materials within the cell.

- حركة الانسياب السيتوبلازمي: في الخلايا النباتية، تساهم تفاعلات الأكتين والبروتين في الانسياب السيتوبلازمي، وهو تدفق دائري للسيتوبلازم داخل الخلايا، مما يسرع حركة العضيات وتوزيع المواد.

- **Cytokinesis:** MFs also produce the **cleavage furrows** that divide the cytosol of animal cells during **cytokinesis**.

○ انقسام السيتوبلازم (Cytokinesis): تنتج الخيوط الدقيقة أيضاً أخاديد الانقسام التي تقسم سيتوسول الخلايا الحيوانية أثناء انقسام الخلية.



semisolid

• Examples of **structural** function of microfilaments:

- **Cell cortex:** MFs are important in developing and maintaining cell shape. Most animal cells, have a **dense network of microfilaments** within the cell **cortex** just beneath the plasma membrane. The **cortex** provides structural rigidity on the cell surface and facilitates shape changes and cell movement.

يغطي شكل

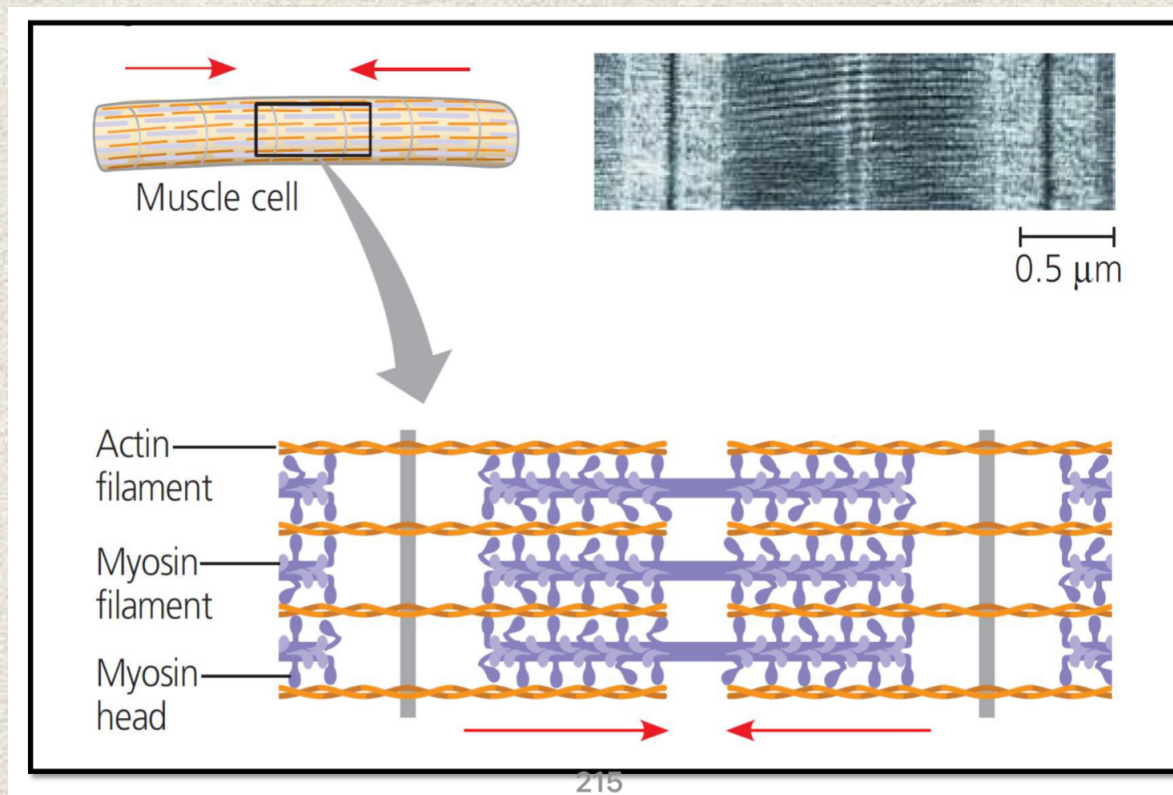
• أمثلة على الوظيفة الهيكلية:

- **قشرة الخلية:** الخيوط الدقيقة مهمة في تطوير والحفاظ على شكل الخلية؛ فمعظم الخلايا الحيوانية تمتلك شبكة كثيفة من الخيوط الدقيقة داخل قشرة الخلية تحت الغشاء البلازمي مباشرة لتوفير **الصلابة الهيكلية** وتسهيل تغييرات الشكل والحركة.

- **Microvilli:** Parallel bundles of MFs also make up the structural core of **microvilli**, the fingerlike extensions found on the surface of many animal cells.

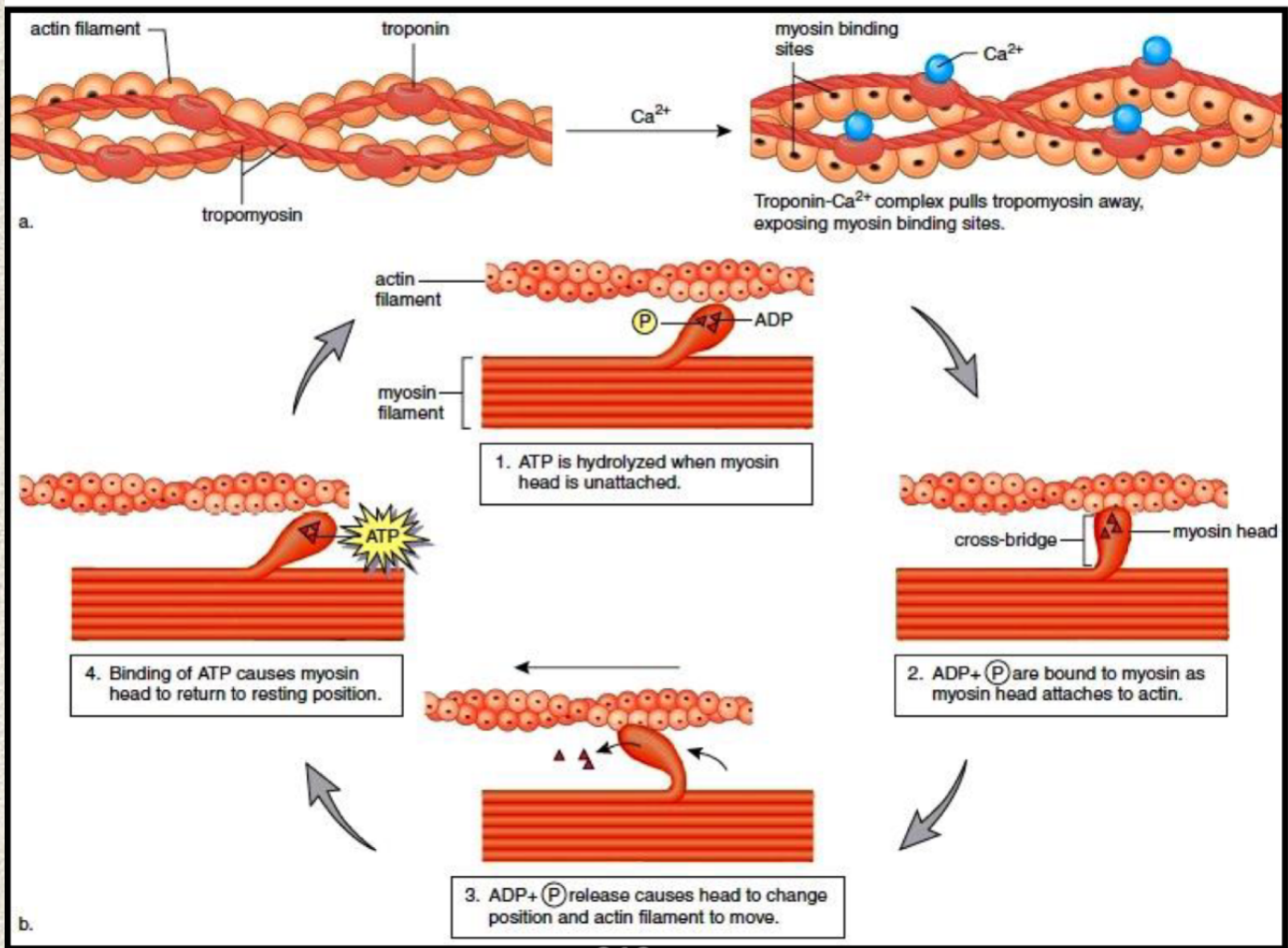
○ **الخميلات (Microvilli):** تشكل الحزم المتوازية من الخيوط الدقيقة **اللب الهيكلية** للخميلات، وهي الامتدادات الشبيهة بالأصابع على سطح العديد من الخلايا الحيوانية.

Actin-myosin in Muscle contraction

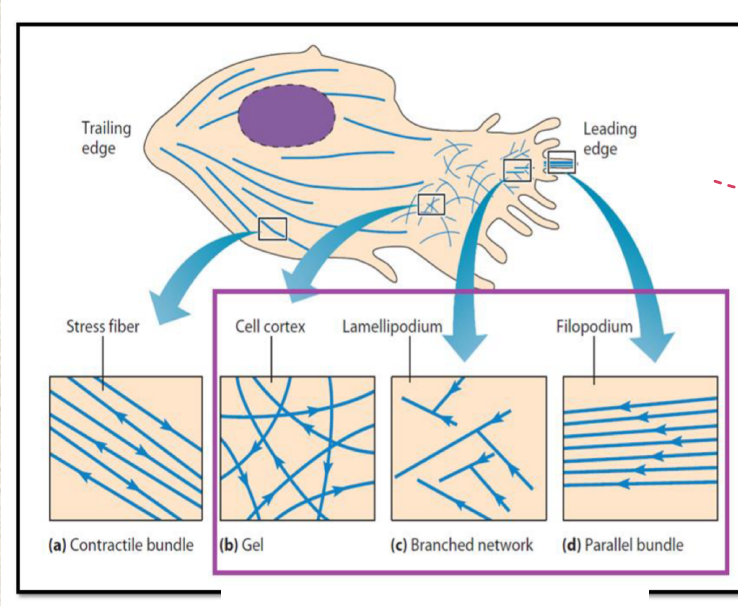


Role of Ca^{2+} in Muscle contraction

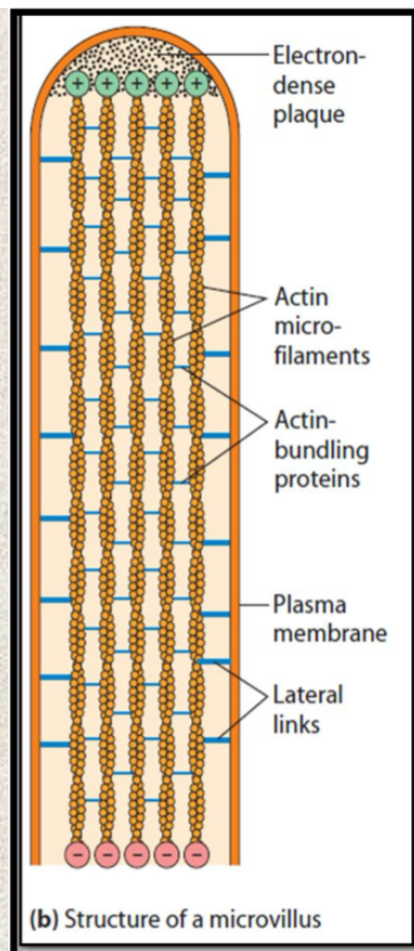
یہ فی
ہی



عملية تكوين الاقدام الكاذبة
 عبارة عن تغير في عملية $G \rightleftharpoons F$ actin network
 network actin $\rightarrow$ polymerization
 networking $\rightarrow$ تشبيك



support



مكوّن 3
للهيكل الخلوي

ثابتة

Intermediate Filaments (IFs)

الخيوط المتوسطة (Intermediate Filaments - IFs)

- IFs have a **diameter of about 8–12 nm**, which makes them intermediate in size between microtubules and microfilaments.

• يبلغ قطرها حوالي 8-12 نانومتر، مما يجعلها متوسطة الحجم بين الأنابيب الدقيقة والخيوط الدقيقة.

لأن المكوّن الأساسي لها يختلف مع غيره ولاخرى وهي static أي لا يحدث لها بلورة وتلك

- Intermediate filaments are **not found in the cytosol of plant cells**, but they are **abundant in many animal cells**, where IFs occur **singly** or in **bundles** and appear to play a structural or **tension-bearing role**. Intermediate filaments are **the strong element** of the cytoskeleton in animal cells.

• لا توجد الخيوط المتوسطة في سيتوسول الخلايا النباتية، ولكنها وفيرة في العديد من الخلايا الحيوانية، حيث توجد بشكل فردي أو في حزم.

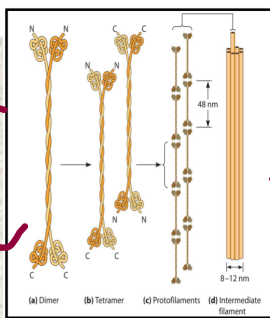
• تلعب دوراً هيكلياً أو حاملاً للتوتر (tension-bearing)، وهي العنصر القوي في الهيكل الخلوي في الخلايا الحيوانية.

- The basic subunits of IFs are **two intertwined polypeptides forming fibrous dimers** (not globular like tubulin and G actin).

• الوحدات الفرعية الأساسية هي ببتيدان ملتفان يشكلان ثنائيات ليفية (fibrous dimers)، وليست كروية مثل التوبولين وأكتين G.

← مكوّن مكوّن رباعية أو الثر

نتيجة



طبيعة البروتينات
مختلفة

- In contrast to microtubules and microfilaments, **IFs are tissue specific** so differ markedly in amino acid composition from tissue to tissue.

• على عكس الأنابيبات والأكتين، فإن الخيوط المتوسطة خاصة بالأنسجة (tissue specific)، لذا تختلف بشكل ملحوظ في تركيب الأحماض الأمينية من نسيج لآخر.

- The two polypeptides are identical for all IFs except **keratin** filaments; which are obligate **heterodimers of type I and type II polypeptides**.

Mainly

في معظم *homo*
اي لهم نفس البنية
البشيرية (The same)

الببتيدان متطابقان في جميع الخيوط المتوسطة باستثناء خيوط الكيراتين، التي هي عبارة عن ثنائيات غير متجانسة إجبارية (obligate heterodimers) من ببتيدات النوع الأول والنوع الثاني.

إلى هنا المطلوب منه إصيص الخلود

- Intermediate filaments are the **most stable** and the **least soluble constituents** of the cytoskeleton. Once formed, intermediate filaments **are stable** and usually do not break down

• تعتبر المكونات الأكثر استقراراً والأقل ذوباناً في الهيكل الخلوي؛ وبمجرد تكوينها، تكون مستقرة ولا تتحلل عادة.

- Given their stability, IFs likely serve as a **scaffold** to support the entire cytoskeletal framework.
- In contrast to MTs and MFs, **IFs do not appear to be polarized**.

• نظراً لاستقرارها، تعمل كدعامة (scaffold) لدعم كامل إطار الهيكل الخلوي.

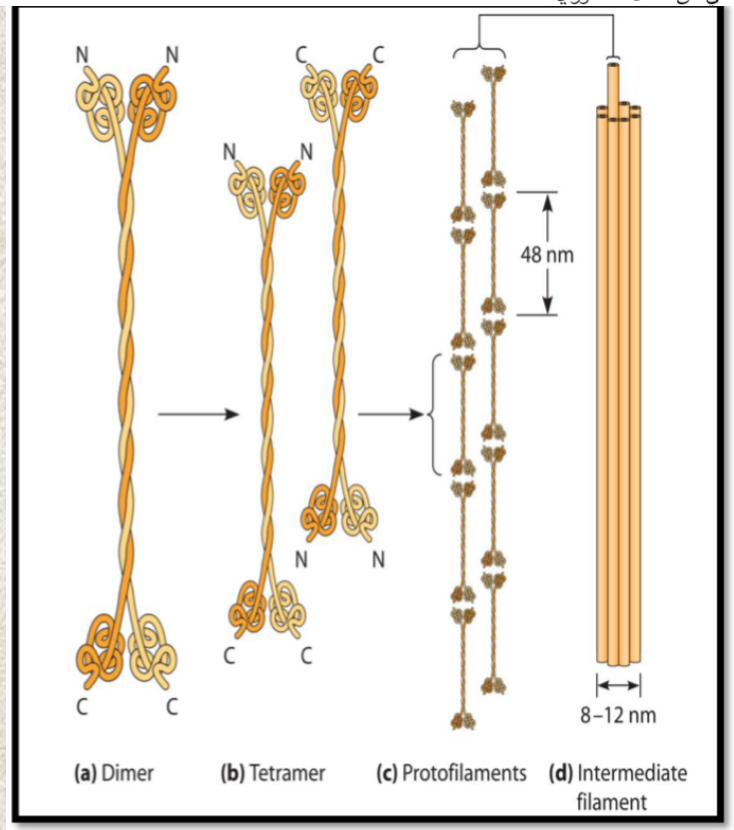
• على عكس الأنواع الأخرى، لا يبدو أن الخيوط المتوسطة مستقطبة (polarized).

✖ خيوط طور

Function of IFs

- Epithelial cells are rich in keratin filaments.
- Nerve cells (nerve axon)
- The nucleus typically sits within a cage made of intermediate filaments.
- Other intermediate filaments make up the nuclear lamina, which lines the interior of the nuclear envelope

• وظائفها: الخلايا الظلائية غنية بخيوط الكيراتين؛ توجد في محاور الخلايا العصبية؛ تجلس النواة عادة داخل قفص (cage) مصنوع منها؛ وتشكل الصفيحة النووية (nuclear lamina) التي تبطن الجزء الداخلي من الغلاف النووي.



Extracellular structure of plant cells: Cell Wall

. الهيكل خارج الخلية للخلايا النباتية: جدار الخلية (Cell Wall)

- The cells of plants, fungi, and many types of protists **have cell walls**, which **protect** and **support** the cells. The cell walls of these eukaryotes are **chemically and structurally different** from prokaryotic cell walls.

• تمتلك خلايا النباتات والفطريات وأنواع عديدة من الطلائعيات جدران خلايا تحمي وتدعم الخلايا، وهي تختلف كيميائياً وهيكلية عن جدران بدائيات النواة.

- In **plants and protists**, the cell walls are composed of fibers of the polysaccharide **cellulose**, whereas the cell walls in **fungi** are composed of **chitin**.

• تتكون من ألياف سكر السليلوز في النباتات والطلائعيات، بينما تتكون من الكيتين في الفطريات.

هناك فيه خلايا نباتية نفسية مختلفة

- In plants, **primary walls** that thin and flexible are laid down when the cell is still growing (**A young plant cell**).

العشبية

• الجدران الأولية (Primary walls): تكون رقيقة ومرنة وتوضع عندما لا تزال الخلية في طور النمو (الخلية النباتية الشابة).

- Between primary walls of adjacent cells is the **middle lamella**, a thin layer rich in sticky polysaccharides called **pectins**. The middle lamella **glues** adjacent cells together.

Function

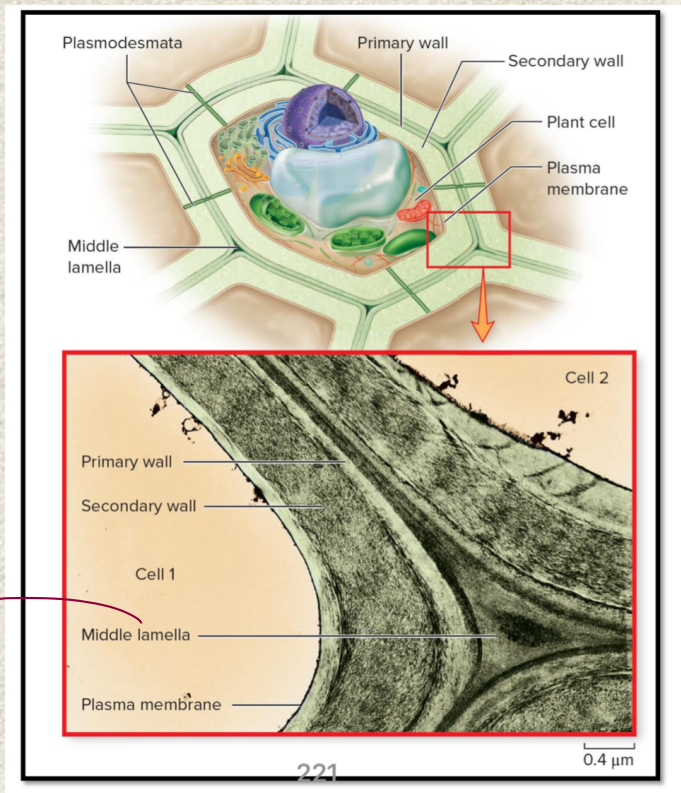
• الصفيفة المتوسطة (Middle lamella): طبقة رقيقة غنية بـ السكريات اللزجة المسماة "بكتين" (pectins)، وتقوم بلصق الخلايا المتجاورة معاً.

- When the **cell matures and stops growing**, it strengthens its wall. Some plant cells do this simply by secreting **hardening substances** into the primary wall. Other cells add a **secondary cell wall** deposited inside the primary walls (between the plasma membrane and the primary cell wall)

عند النضج، تقوم بعض الخلايا بإفراز مواد مصلبة، بينما تضيف خلايا أخرى جداراً ثانوياً (secondary cell wall) يتم ترسيبه داخل الجدران الأولية (بين الغشاء البلازمي والجدار الأولي).

- The **secondary cell wall**, often deposited in several laminated layers, has a strong and durable matrix that affords the cell protection and support. **Wood**, for example, consists mainly of secondary walls.

• الجدار الثانوي يكون في عدة طبقات مغلقة (laminated layers)، وله مصفوفة قوية ومتينة توفر الحماية والدعم، ويمثل الخشب مثلاً عليه. 9



تقوية جدار الخلية 1 وجدار الخلية 2

The Extracellular Matrix (ECM) of Animal Cells

يريف نقل الإشارة (Signal Transduction)

- Although **animal cells lack walls** similar to those of plant cells, but **they do have** a rich and complex mixture of **fibrous proteins**, glycoproteins and proteoglycan molecules forming **the extracellular matrix (ECM)**.

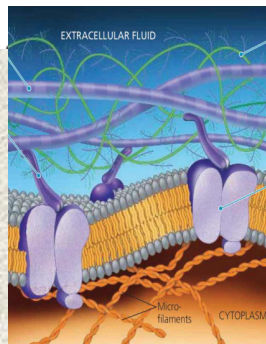
• على الرغم من أن الخلايا الحيوانية تفتقر إلى جدران مماثلة لتلك الموجودة في الخلايا النباتية، إلا أنها تمتلك خليطاً غنياً ومعقداً من البروتينات الليفية والبروتينات السكرية وجزيئات البروتيوجليكان التي تشكل المصفوفة خارج الخلية (ECM).

- The **most abundant** protein in the ECM of most animal cells is the **fibrous** protein called **collagen** (~40% of the total protein in human body). Another but **less abundant** in ECM is the fibrous protein **elastin** which forms strong fibers outside the cells

• البروتين الأكثر وفرة في المصفوفة خارج الخلية لمعظم الخلايا الحيوانية هو البروتين الليفي المسمى الكولاجين (حوالي 40% من إجمالي البروتين في جسم الإنسان). وهناك بروتين ليفي آخر ولكنه أقل وفرة وهو الإيلاستين الذي يشكل أليافاً قوية خارج الخلايا.

- The collagen and elastin fibers are **embedded** within a complex network of **glycoproteins and proteoglycans** secreted by the cells forming a protective layer over the cell surface.

• ألياف الكولاجين والإيلاستين مغمورة داخل شبكة معقدة من البروتينات السكرية والبروتيوجليكان التي تفرزها الخلايا لتشكل طبقة واقية فوق سطح الخلية.



مش
موجود
طال

- Some cells are attached to the ECM by ECM glycoproteins such as **fibronectin**.
- **Fibronectin and other ECM** proteins bind to cell-surface receptor proteins called **integrins** that are built into the plasma membrane and **span the membrane** and bind on their cytoplasmic side to associated proteins attached mainly to **microfilaments** (actin filaments) and sometimes to **intermediate filaments** of the cytoskeleton.

• ترتبط بعض الخلايا بالمصفوفة خارج الخلية بواسطة بروتينات سكرية مثل **الفيبرونيكتين**.

• يرتبط الفيبرونيكتين وبروتينات المصفوفة الأخرى ببروتينات مستقبلية على سطح الخلية تسمى **الإنTEGRينات (integrins)**.

• الإنTEGRينات مبنية داخل الغشاء البلازمي وتمتد عبره وترتبط من جانبها السيتوبلازمي ببروتينات مرتبطة أساساً بالخيوط الدقيقة (خيوط الأكتين) وأحياناً بالخيوط المتوسطة للهيكل الخلوي. 10

- **Integrins** are in a position to **transmit signals** between the ECM and the cytoskeleton and thus **integrate or associate changes** occurring outside and inside the cell.

• الإنTEGRينات في وضع يسمح لها بنقل الإشارات بين المصفوفة خارج الخلية والهيكل الخلوي، وبالتالي دمج أو ربط التغيرات التي تحدث خارج وداخل الخلية.

- By this way of integration between the ECM and the cells, the ECM can help coordinate the behavior of all the cells in a particular tissue.

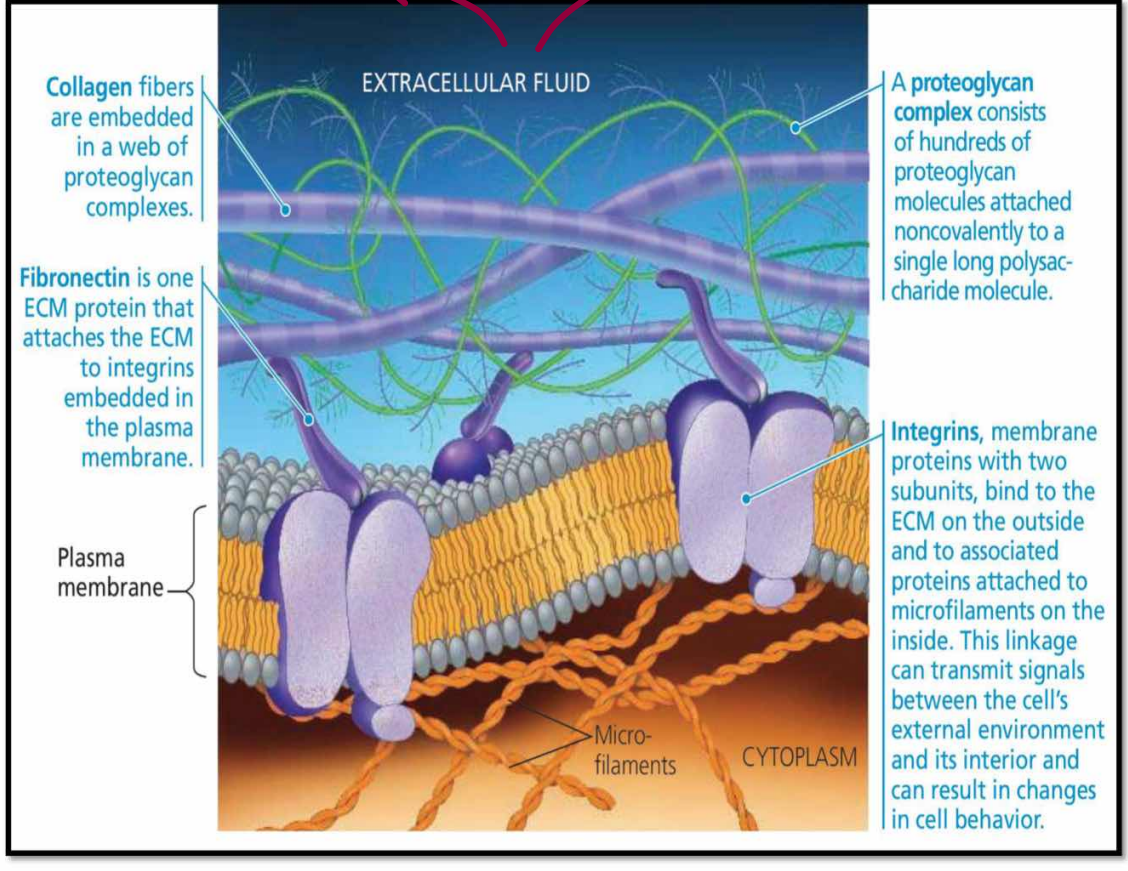
• بهذه الطريقة، يمكن للمصفوفة خارج الخلية أن تساعد في تنسيق سلوك جميع الخلايا في نسيج معين.

تصبح الخلية قابلة صاعاً
من الداخل والخارج

في الخلية تعمل الاتصال مع الهيكل الخلوي داخل الخلية

تتصل مباشرة مع الخلية

Fibronectin



Cell-to-Cell Interactions: plant cell plasmodesmata

- Cells in an animal or plant are organized into tissues, organs, and organ systems, where **neighboring cells** often adhere, interact, and communicate via sites of **direct physical contact**.

• تنتظم الخلايا في الحيوان أو النبات في أنسجة وأعضاء وأجهزة، حيث غالبًا ما تلتصق الخلايا المتجاورة وتتفاعل وتتواصل عبر مواقع اتصال فيزيائي مباشر. 11

- Plasmodesmata in Plant Cells**

- In plants, the nonliving cell walls separate every cell from all others, however many **cell-cell junctions** occur at **holes or gaps in the walls**, where the plasma membranes of adjacent cells can come into contact with one another.

• في النباتات، تفصل جدران الخلايا غير الحية كل خلية عن الأخريات، ومع ذلك، تحدث العديد من الروابط بين الخلايا عند ثقب أو فجوات في الجدران، حيث يمكن للأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة أن تتلامس مع بعضها البعض.

- The **cytoplasmic connections** that form across the touching plasma membranes are called **plasmodesmata** (singular, *plasmodesma*).

• تسمى الاتصالات السيتوبلازمية التي تتشكل عبر الأغشية البلازمية المتلامسة "الروابط الخلوية" أو البلازموديزمات (Plasmodesmata).

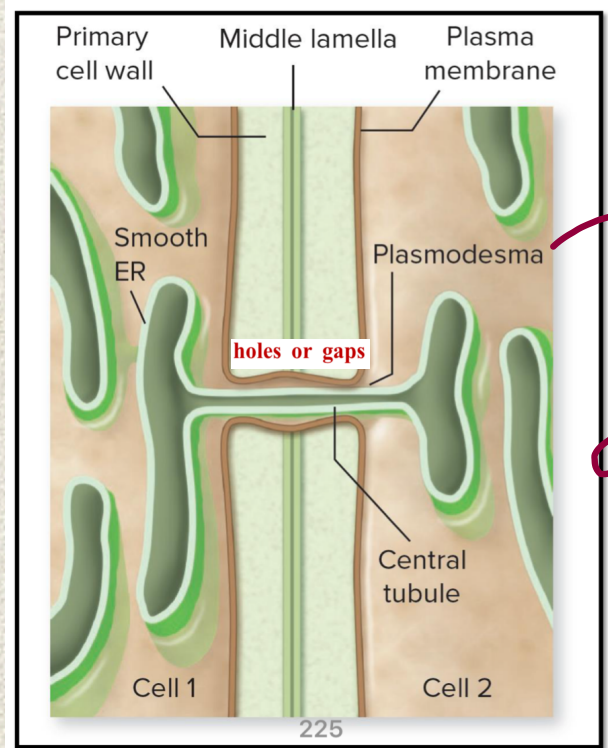
- The plasma membranes of adjacent cells line the channel (central tubule) of each plasmodesma and connects the endoplasmic reticulum of each two of adjacent plant cells together, thus **plasmodesmata unify most of the plant into one living continuum** (a continuous sequence) allowing water and small solutes to pass freely from cell to cell .

- تبطّن الأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة القناة (الأنبوب المركزي) لكل رابطة خلوية وتصل الشبكة الإندوبلازمية لكل خليتين متجاورتين معًا. 12
- بذلك، توحد الروابط الخلوية معظم أجزاء النبات في استمرار حي واحد يسمح للماء والمذيبات الصغيرة بالمرور بحرية من خلية إلى أخرى.

- Because the channels of **plasmodesmata** are filled with cytosol, the cells share the **same internal chemical environment**.

حيث أنه كل خلية متصلة مع
الأخرى أذه أصبحت كل الخلايا في
النسيج النباتي في نفس البيئة
الكيميائية

- لأن قنوات الروابط الخلوية مليئة بالسيتوسول، فإن الخلايا تتشارك في نفس البيئة الكيميائية الداخلية.



تسمح للسيتوبلازم
في الخلية الأولى
بالسيتوبلازم في
الخلية الثانية
أنهم يكونوا متصلين ببعض
↓
أي مواد كيميائية موجودة في
الخلية الأولى وفي الخلية
الثانية ستكون هناك
نوع من التواصل بينهم

Animal Cell-to-Cell Interactions: Tight Junctions, Desmosomes, and Gap Junctions

تفاعلات الخلايا الحيوانية: الروابط المحكمة، الديزموزومات، والروابط الفجوية

مطلوب
مختبر
مفصل

- In animals, there are three main types of **cell-cell interaction or cell junctions**:

Tight junctions prevent fluid from moving across a layer of cells.

- Tight junctions***
- Desmosomes***
- Gap junctions***
- All three types of cell junctions are especially **common in epithelial tissue**, which lines the external and internal surfaces of the body.

• في الحيوانات، هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الروابط الخلوية:

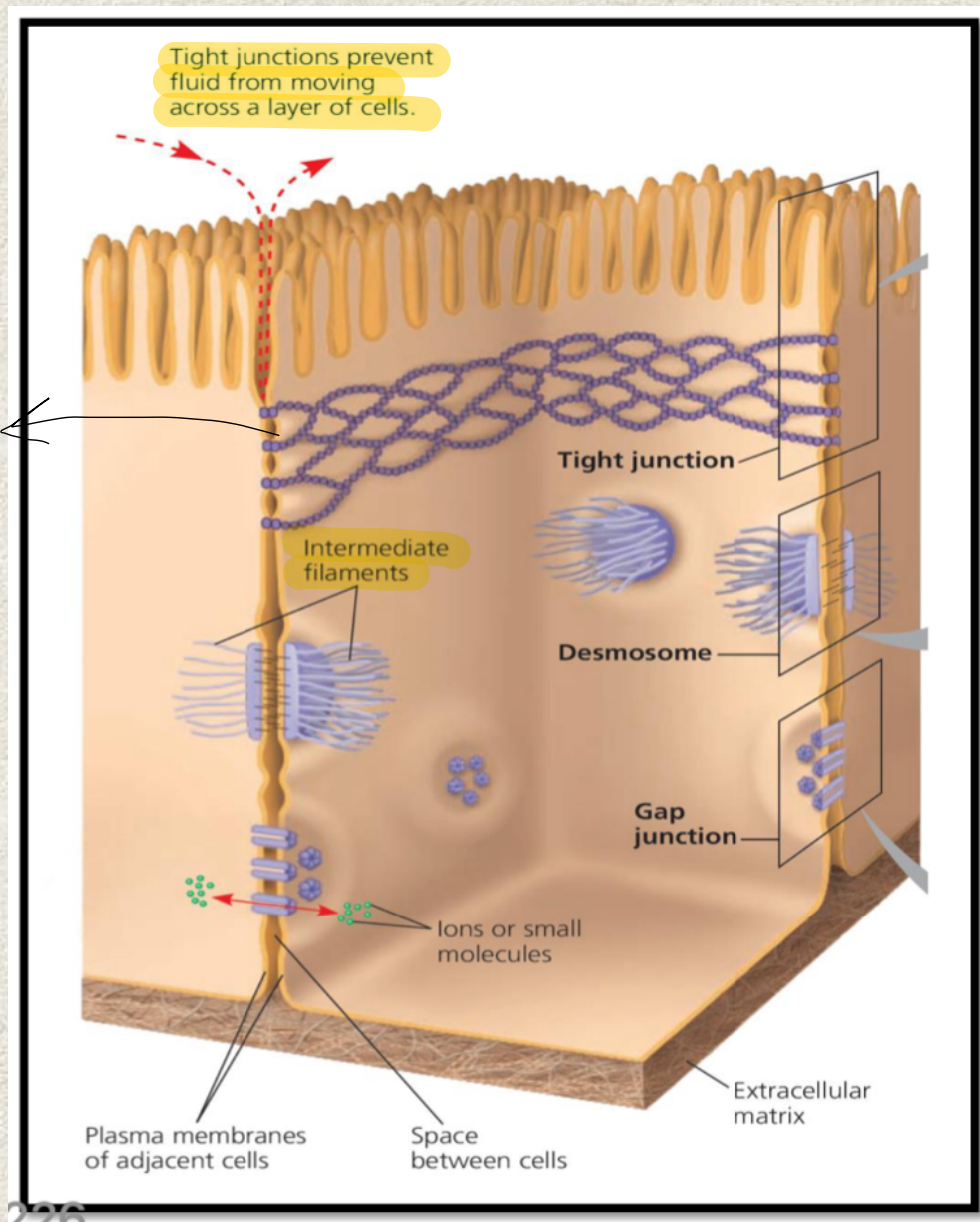
2. الروابط المحكمة (Tight junctions). 13

3. الديزموزومات (Desmosomes).

4. الروابط الفجوية (Gap junctions).

• جميع الأنواع الثلاثة شائعة بشكل خاص في **النسيج الطلائي**، الذي يبطن الأسطح الخارجية والداخلية للجسم.

as seal



تسمى water tight ←

وظيفة

- At **tight junctions**, the plasma membranes of neighboring cells are **very tightly pressed or squeezed** against each other, bound together by specific proteins thus forming **continuous seals** or barrier around animal cells that **prevents leakage** of extracellular fluid across a layer of epithelial cells.

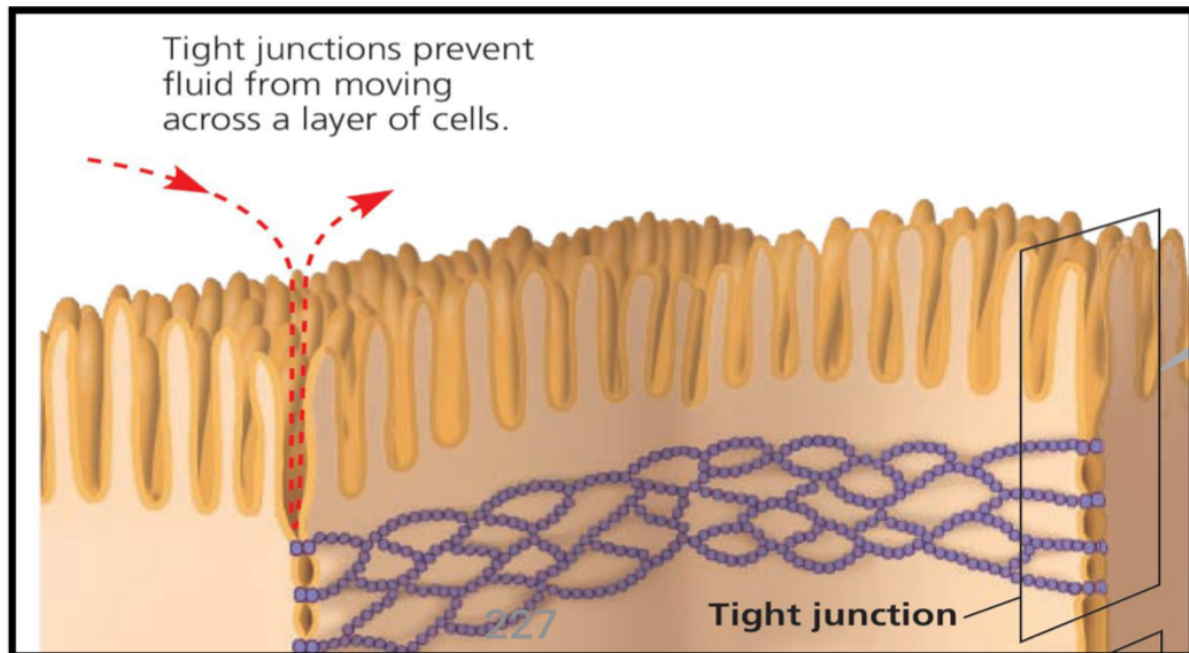
- في الروابط المحكمة، يتم ضغط الأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة بإحكام شديد ضد بعضها البعض، وترتبط معاً بواسطة بروتينات محددة.
- يؤدي ذلك إلى تشكيل أختام مستمرة أو حاجز حول الخلايا الحيوانية يمنع تسرب السوائل خارج الخلية عبر طبقة من الخلايا الطلائية.

- Tight junctions** contain proteins called **Claudins** that have the ability to **occlude or block** substances from passing between cells.

- تحتوي الروابط المحكمة على بروتينات تسمى **كلودينات (Claudins)** لها القدرة على سد أو منع المواد من المرور بين الخلايا. 14

- For example, tight junctions between skin cells make us **watertight** (no water enters or passes through.) .

- على سبيل المثال، تجعلنا الروابط المحكمة بين خلايا الجلد **مقاومين للماء** (لا يدخل الماء أو يمر من خلالها).



ردي مسمار الذي
يربط قطعتيه
صديقه

Desmosomes : Adhesive or anchoring junctions

الديزموزومات: روابط لاصقة أو مثبتة (Adhesive or anchoring junctions)

رديني

- **Desmosomes are adhesive junctions or anchoring junctions** that mechanically attach the cytoskeleton of a cell to the cytoskeletons of other cells or to the extracellular matrix. These junctions are **found in tissues subject to mechanical stress**, such as muscle and skin epithelium.

• الديزموزومات هي روابط لاصقة أو مثبتة تربط ميكانيكياً الهيكل الخلوي للخلية بالهيكل الخلوي للخلايا الأخرى أو بالمصفوفة خارج الخلية.
• توجد هذه الروابط في الأنسجة المعرضة للإجهاد الميكانيكي، مثل العضلات وظهارة الجلد.

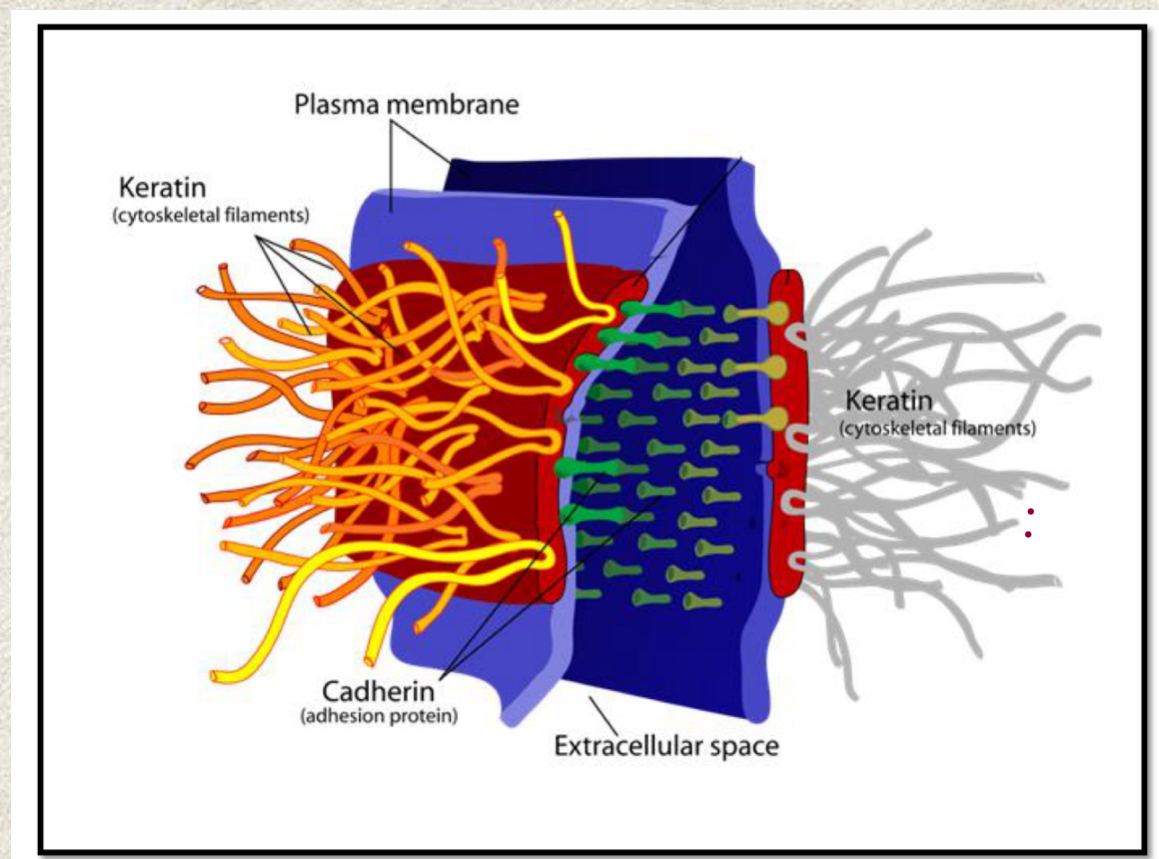
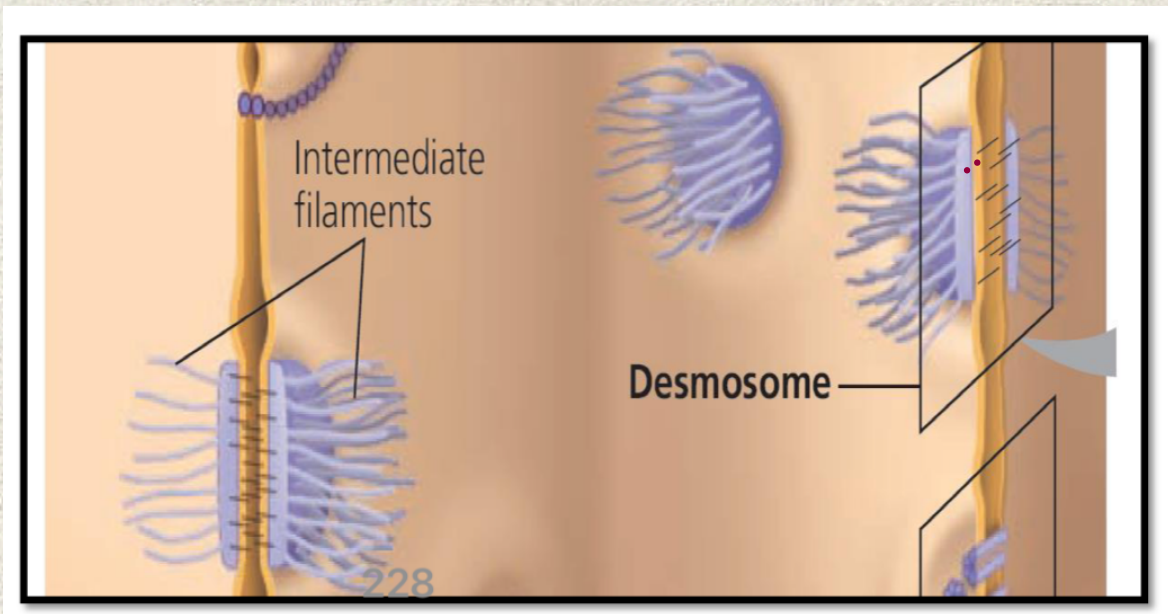
- Desmosomes are a **cadherin-based junction**. Cadherin is a **transmembrane** protein with an extracellular domain that can interact with the extracellular domain of a cadherin in an adjacent cell to join the cells together.

• الديزموزومات هي روابط تعتمد على بروتين الكاديرين (Cadherin)؛ والكاديرين هو بروتين عابر للغشاء له نطاق خارج خلوي يمكنه التفاعل مع النطاق خارج الخلوي للكاديرين في خلية مجاورة لربط الخلايا معاً. 15

وطبقتي

- Desmosomes function like **rivets**, fastening cells together into strong sheets.
- **Intermediate filaments** (strong keratin proteins) **anchor** desmosomes in the cytoplasm.

• تعمل الديزموزومات مثل "المسامير" (rivets)، حيث تثبت الخلايا معاً في أجزاء قوية.
• تقوم الخيوط المتوسطة (بروتينات الكيراتين القوية) بتثبيت الديزموزومات في السيتوبلازم.



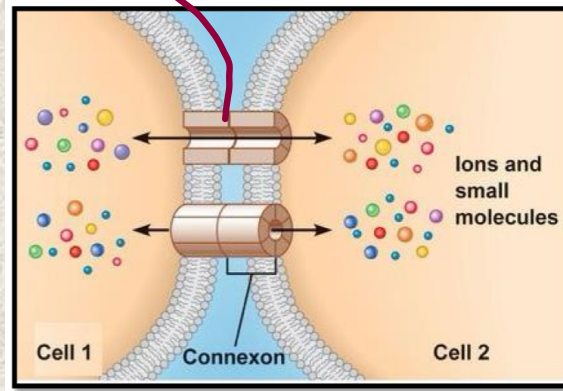
Gap junctions: a communicating junctions

الروابط الفجوية: روابط تواصل (Gap junctions: communicating junctions)

- **Gap junctions** (also called *communicating junctions*) provide **cytoplasmic channels** from one animal cell to an adjacent cell.

• توفر الروابط الفجوية قنوات سيتوبلازمية من خلية حيوانية واحدة إلى خلية مجاورة.

← **سلاسل بروتينية**
بيجمعوا كل خلية معاً



لأنهم بيخترقوا
الغشاء الخلوي
للخلية الأولى والثانية

- Gap junctions are formed by complexes of **six identical transmembrane proteins** extending from the membranes of the two cells and **arranged in a circle** creating a **channel through** the plasma membrane where **ions, sugars, amino acids, and other small molecules** may pass, **but not proteins**.

- تتكون الروابط الفجوية من معقدات مكونة من ستة بروتينات عابرة للغشاء متطابقة تمتد من أغشية الخليتين وتترتب في دائرة مكونة قناة عبر الغشاء البلازمي.
- عبر هذه القنوات، يمكن للأيونات والسكريات والأحماض الأمينية والجزيئات الصغيرة الأخرى أن تمر، ولكن ليس البروتينات.

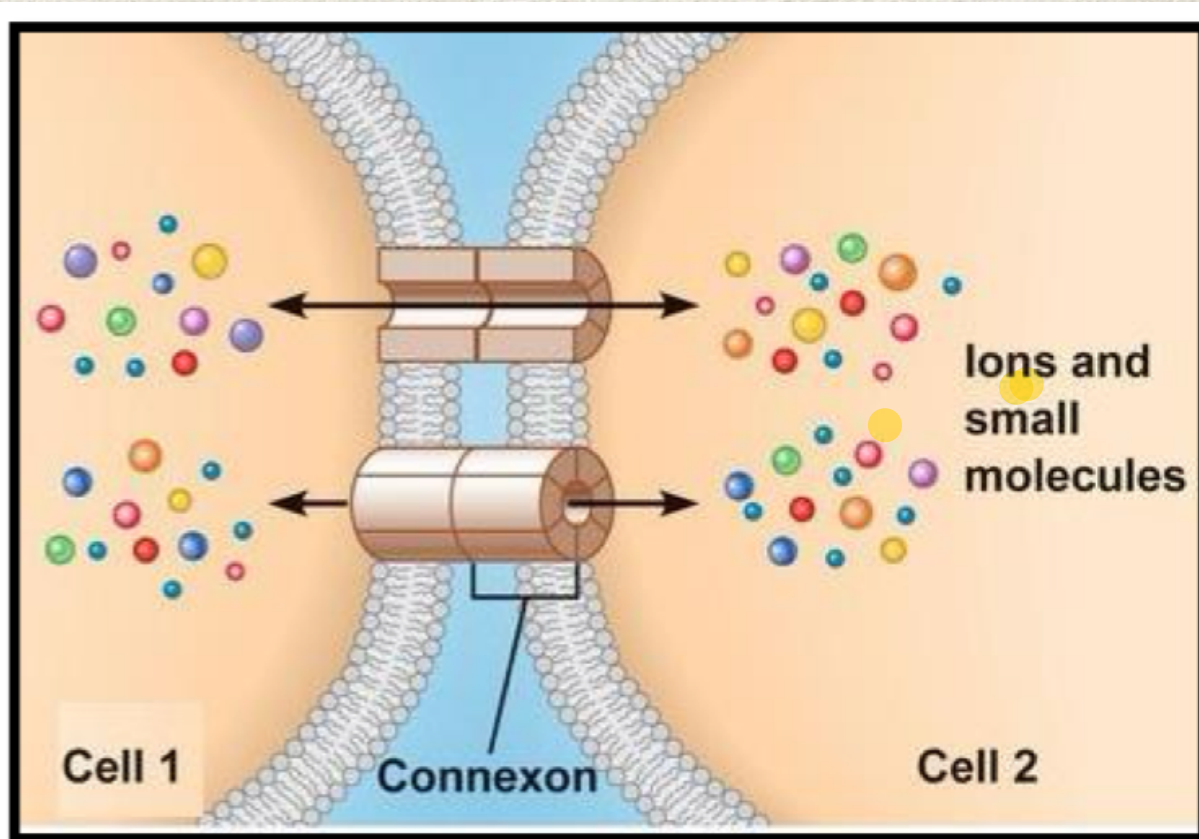
- Gap junctions are necessary for communication between cells in many types of tissues, such as heart muscle, and in animal embryos.

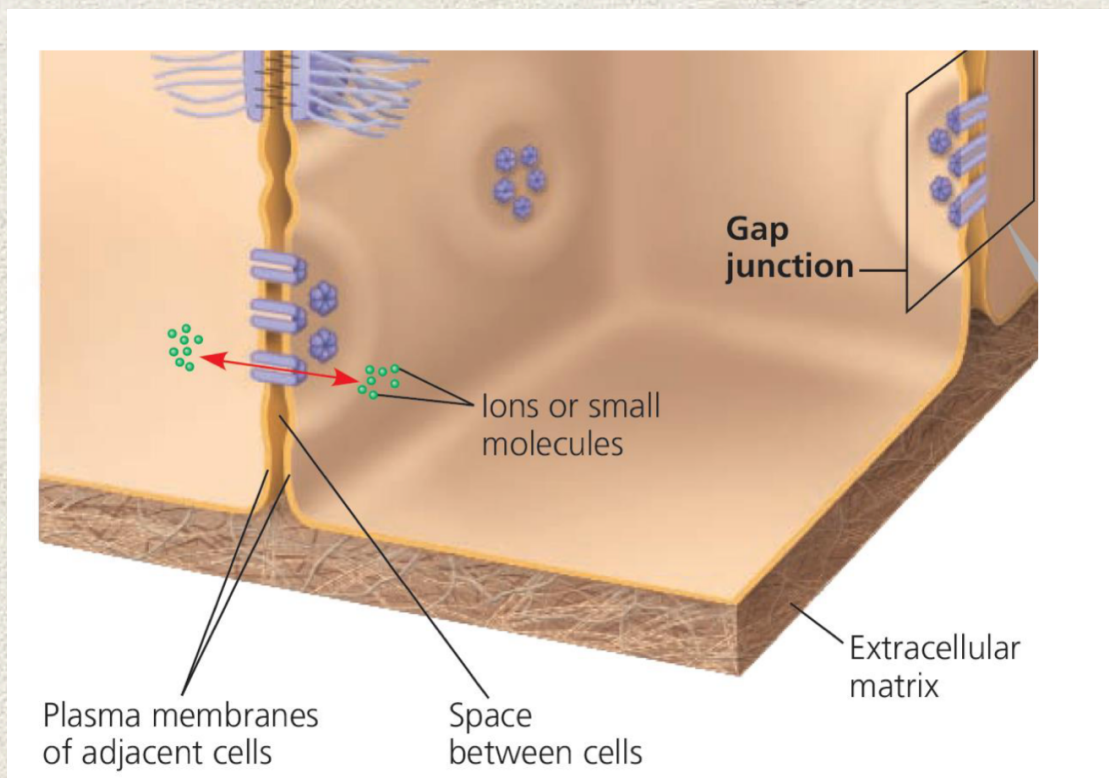
- الروابط الفجوية ضرورية للتواصل بين الخلايا في أنواع عديدة من الأنسجة، مثل عضلة القلب وفي الأجنة الحيوانية.

Gap junction channels are **dynamic structures** that can **open or close** (gating) in response to a variety of factors, including Ca^{2+} and H^{+} ions.

This **gating serves** at least one important function. When a **cell is damaged**, its plasma membrane often becomes leaky. Ions in high concentrations outside the cell, such as Ca^{2+} , flow into the damaged cell and **close its gap junction channels**. This isolates the cell and prevents the damage from spreading

- قنوات الروابط الفجوية هي هياكل ديناميكية يمكن أن تفتح أو تغلق (gating) استجابة لمجموعة متنوعة من العوامل، بما في ذلك أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) والهيدروجين (H^{+}).
- تؤدي عملية الفتح والإغلاق هذه وظيفة مهمة؛ فعندما تتضرر خلية ما، غالبًا ما يصبح غشاؤها البلازمي مسربًا، فتتدفق الأيونات بتركيزات عالية من خارج الخلية (مثل Ca^{2+}) إلى الخلية المتضررة وتغلق قنوات الروابط الفجوية الخاصة بها، مما يعزل الخلية ويمنع انتشار الضرر.





صفحي
عنه الغشاء
الخلوي

The 1935 Davson–Danielli model: Sandwich model

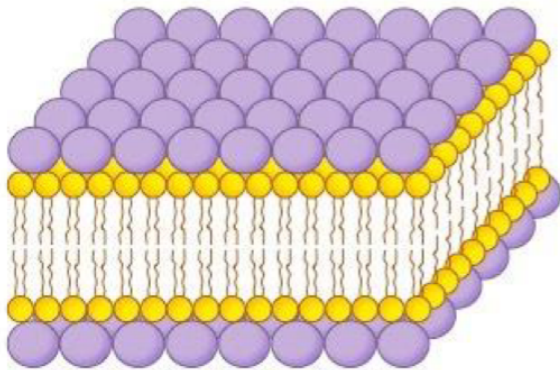
غير منطقي لانه لا يوضح آلية دخول المواد لفضية

- The **first model** that attempted to describe the position of membrane proteins within the lipid bilayer was proposed by **Davson and Danielli in 1935**: (**The sandwich model**)
- The sandwich model describes a **phospholipid bilayer that lies between two** layers of globular proteins (Sandwich as the lipid layer was sandwiched between two protein layers) or vis versa two layers of protein flanked a central phospholipid bilayer.
- Davson–Danielli Sandwich model was the believed and predominated model **until 1972 when Singer and Nicolson** described the correct cell membrane structural model: **The fluid mosaic model**.

نموذج دافسون-دانييلي (1935): نموذج "الساندوتش" (Sandwich Model)

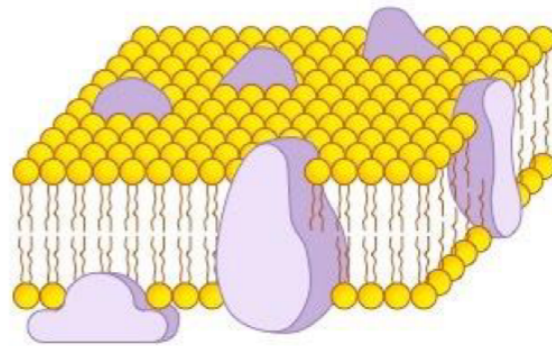
- يُعد هذا النموذج أول محاولة لوصف موقع بروتينات الغشاء داخل طبقة الدهون الثنائية، وقد اقترحه العالمان دافسون ودانييلي في عام 1935. ¹
- يصف هذا النموذج الغشاء بأنه عبارة عن طبقة فسفوليبيد ثنائية تقع بين طبقتين من البروتينات **الكروية**؛ أي أن طبقة الدهون تكون "محشورة" كالساندوتش بين طبقتي البروتين، أو بصيغة أخرى، طبقتان من البروتين تحيط بالطبقة الدهنية المركزية من الجانبين.
- كان نموذج دافسون-دانييلي هو النموذج السائد والمصدق به حتى عام 1972، عندما وصف سينجر ونيكلسون النموذج الهيكلي الصحيح للخلية.

Davson-Danielli Model (1935)



Proteins form distinct layers (*sandwich*)

Singer-Nicolson Model (1972)



232 Proteins embedded within bilayer (*fluid-mosaic*)

Cell membrane: The fluid mosaic model

- Cellular membranes are **fluid mosaics of lipids and proteins**
- Lipids** and **proteins** are the **major components** of membranes, although **carbohydrates** are also important.

مؤذج الفسفوفساء السائل (Fluid Mosaic Model) - 1972

• اقترح العالمان سينجر ونيكلسون في عام 1972 أن الأغشية الخلوية عبارة عن فسفوفساء سائلة من

الدهون والبروتينات 2 . 2

• تعتبر الدهون والبروتينات هي المكونات الرئيسية للأغشية، مع أهمية وجود الكربوهيدرات أيضاً.

- The most abundant lipids in most membranes are **phospholipids** (an amphipathic molecule).

- Most membrane **proteins are amphipathic**

mainly

لأنه جزء
منه هيليفي
مع الجزء الغير قطبي
منه إغشاء

- **الفسفوليبيدات**: هي الدهون الأكثر وفرة في معظم الأغشية، وهي عبارة عن جزيئات برمائية (amphipathic)، أي أنها تحتوي على مناطق محبة للماء وأخرى كارهة له.

- Singer and Nicolson proposed that the **globular proteins** are inserted into the **phospholipids** bilayer, with their **nonpolar segments** in contact with the **nonpolar interior** of the bilayer and their **polar portions** protruding out from the membrane surface, thus maximizes contact of hydrophilic regions of a protein with water in the cytosol and extracellular fluid

• اقترح سينجر ونيكولسون أن البروتينات الكروية (globular proteins) مدمجة أو "مغروسة" داخل طبقة الفوسفوليبيد الثنائية، بحيث تكون أجزاؤها غير القطبية ملامسة للداخل غير القطبي للطبقة الثنائية، بينما تبرز أجزاؤها القطبية من سطح الغشاء؛ وبذلك يتم الوصول لأقصى قدر من التماس بين المناطق المحبة للماء في البروتين مع الماء الموجود في السيتوسول (داخل الخلية) والسائل خارج الخلية. 1

- Structure of cell membrane revealed two categories of membrane proteins based on their degree of association with the membrane.
- Integral proteins** are embedded in the membrane,
- Peripheral proteins** are associated with the surface of the membrane

- كشفت بنية غشاء الخلية عن فئتين من بروتينات الغشاء بناءً على درجة ارتباطها بالغشاء. 2
- **البروتينات المدمجة (Integral proteins)**: تكون مغروسة في الغشاء. (وتشير المصادر إلى أنها قد تكون مغروسة جزئياً أو كلياً، والأخيرة تُعرف بالبروتينات العابرة للغشاء، وهي غير ثابتة في مكانها بل يمكنها التحرك جانباً). 3
- **البروتينات المحيطية (Peripheral proteins)**: ترتبط بسطح الغشاء. (وعادة ما يكون هذا الارتباط ضعيفاً بالسطح أو بالأجزاء المحبة للماء في جزيئات الفوسفوليبيد).

Cellular membranes consist of four component groups



- Eukaryotic membranes share the same fundamental architecture and in animals are assembled from **four components**:

- 1. Phospholipid bilayer.**

- 2. Proteins (peripheral and integral)**

- Peripheral proteins: are usually loosely bound to the membrane surface and attached to the hydrophilic part of the Phospholipid molecules or to other integral proteins
- Integral proteins (partially embedded and totally embedded or transmembrane proteins)

لأنه
يحتل
الغشاء من
أوله لآخره

- Many integral membrane proteins are **not fixed in position**. They can move about, just as the phospholipid molecules do.

تتحرك لأنها جزء من سبيله
الغشاء fluidity

تتكون الأغشية الخلوية من أربع مجموعات من المكونات 1 . تشترك أغشية الخلايا حقيقية النواة في نفس البنية الأساسية، وفي الحيوانات تتجمع من أربعة مكونات هي: 1

1. طبقة فوسفوليبيد ثنائية (Phospholipid bilayer).

2. البروتينات (المحيطة والمدمجة):

- البروتينات المحيطة (Peripheral proteins): عادة ما تكون مرتبطة بشكل ضعيف بسطح الغشاء، وتكون متصلة بالجزء المحب للماء من جزيئات الفوسفوليبيد أو ببروتينات مدمجة أخرى.
- البروتينات المدمجة (Integral proteins): تشمل البروتينات المغروسة جزئياً أو كلياً (والتي تُعرف بالبروتينات العابرة للغشاء).

2

- العديد من بروتينات الغشاء المدمجة ليست ثابتة في مكانها، بل يمكنها التحرك والتنقل تماماً كما تفعل جزيئات الفوسفوليبيد.

- 3. Cholesterol**

- Animal cell membranes contain cholesterol. Plant cells have other sterols, but little or no cholesterol.

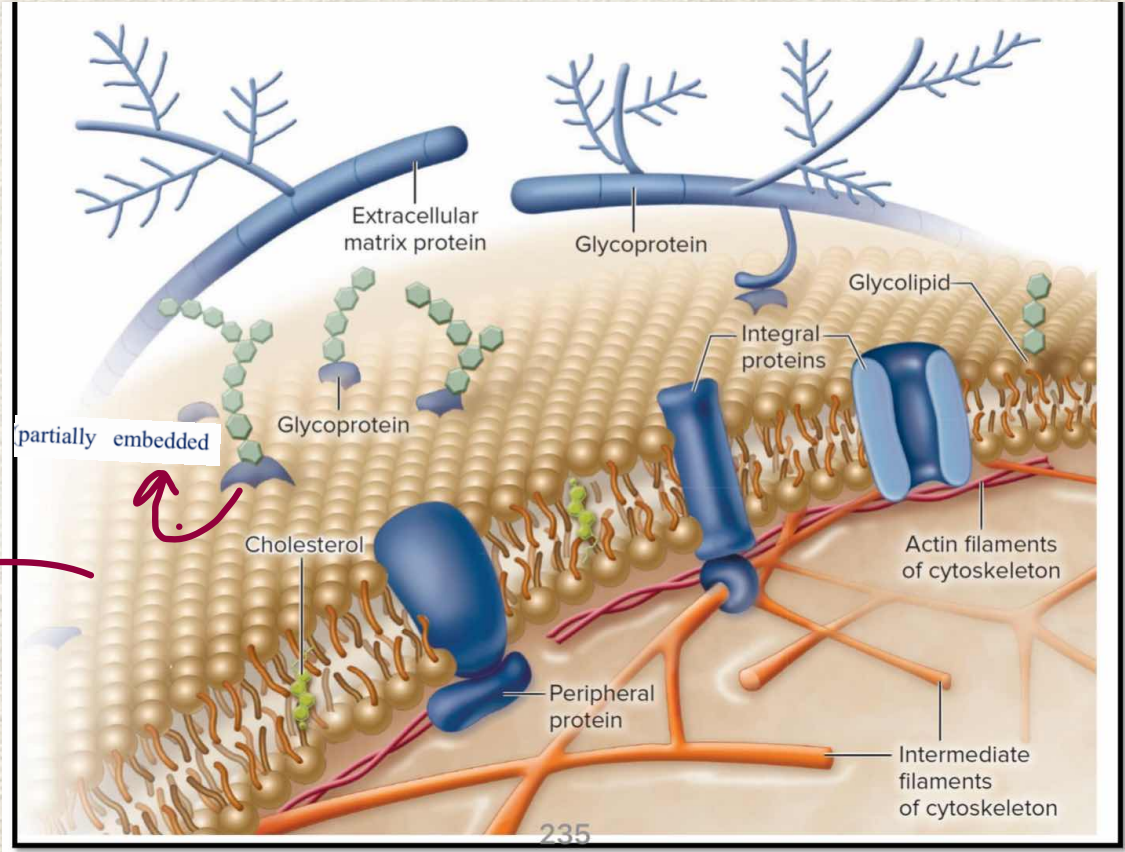
لأنه جزء غير قطبي هيدروكربوني لا phospholipid bilayer

الكوليسترول:

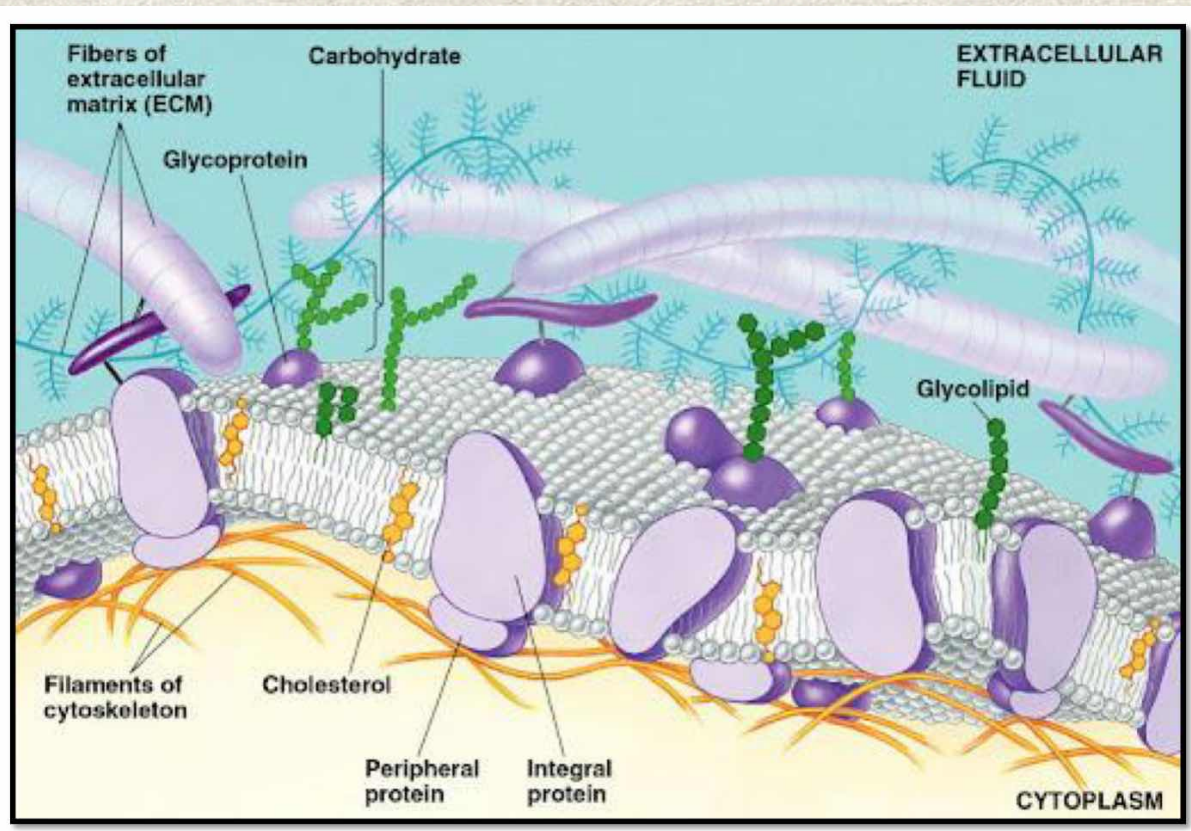
- تحتوي أغشية الخلايا الحيوانية على الكوليسترول.
- أما الخلايا النباتية فليديها ستيرويدات أخرى (Phytosterols)، ولكنها تحتوي على القليل من الكوليسترول أو لا تحتوي عليه على الإطلاق.

- **4. Carbohydrates** on the outer face of membrane فقط موجود
- Carbohydrates of the membrane are the sugar molecules added by ER and/or Golgi apparatus to membrane proteins and lipids, converting them into **glycoproteins** and **glycolipids**. Different cell types exhibit different varieties of these glycoproteins and glycolipids on their surfaces, which act as cell identity markers (**Cell-surface markers**).

الكربوهيدرات (السكريات): تُعد كربوهيدرات الغشاء هي جزيئات السكر التي يتم إضافتها بواسطة الشبكة الإندوبلازمية (ER) و/أو جهاز جولجي (Golgi apparatus) إلى بروتينات ودهون الغشاء، مما يؤدي إلى تحويلها إلى بروتينات سكرية (glycoproteins) ودهون سكرية (glycolipids) 1 . وتُظهر أنواع الخلايا المختلفة تنوعات وأصنافاً متباينة من هذه البروتينات والدهون السكرية على أسطحها، حيث تعمل هذه الجزيئات كـ 1 علامات لتمييز هوية الخلية (وتُعرف بعلامات سطح الخلية)، وهي تركيبات مميزة وخاصة بكل نوع من أنواع الخلايا. 2



← محله يقوله
صانه بروتينات
مربودة فقط
على السطح



هناك سيولة عالية لهذا الغشاء نابذة من أكثر من مستوى

The Fluidity of Membranes: phospholipids

- Membranes are not static sheets of molecules locked rigidly in place. A membrane is held together mainly by **hydrophobic interactions**, which are much **weaker than** covalent bonds

الأغشية ليست عبارة عن صفائح ساكنة من الجزيئات المثبتة بإحكام في مكانها.

- يتماسك الغشاء بشكل أساسي عن طريق التفاعلات الكارهة للماء (hydrophobic interactions)، والتي تعد أضعف بكثير من الروابط التساهمية.

- Most of the **lipids and some proteins** can **shift about sideways**—that is, in the plane of the membrane. **Very rarely**, also, a **lipid may flip-flop across** the membrane, switching from one phospholipid layer to the other.

- تستطيع معظم الدهون وبعض البروتينات التحرك أو التزحزح جانبياً؛ أي في مستوى مسطح الغشاء.
- في حالات نادرة جداً، قد يقوم جزيء الدهن بـ "حركة انقلابية" (flip-flop) عبر الغشاء، منتقلاً من إحدى طبقات الفوسفوليبيد إلى الطبقة الأخرى.

- Proteins are much larger than lipids and **move more slowly**, when they do move.
- Many membrane proteins** seem to be held **immobile** by their attachment to the cytoskeleton or to the extracellular matrix.

حركة بروتينات
↓
تتمتع الأغشية بسيولة

- تُعتبر البروتينات أكبر بكثير من الدهون، ولذلك فهي تتحرك ببطء أكبر عندما تتحرك بالفعل.
- يبدو أن العديد من بروتينات الغشاء تظل ثابتة وغير متحركة (immobile) بسبب ارتباطها بالهيكل الخلوي (cytoskeleton) أو بـ المادة خارج الخلية (extracellular matrix).

- A membrane remains fluid as temperature decreases until the **phospholipids** settle into a **closely packed arrangement** and the membrane **solidifies**.

• يظل الغشاء سائلاً مع انخفاض درجة الحرارة حتى تترتب الفوسفوليبيدات في ترتيب متراس بشدة ويتصلب الغشاء. 1

The **temperature** at which a membrane **solidifies** depends on the types of lipids it is made of.

• تعتمد درجة الحرارة التي يتصلب عندها الغشاء على أنواع الدهون التي يتكون منها.

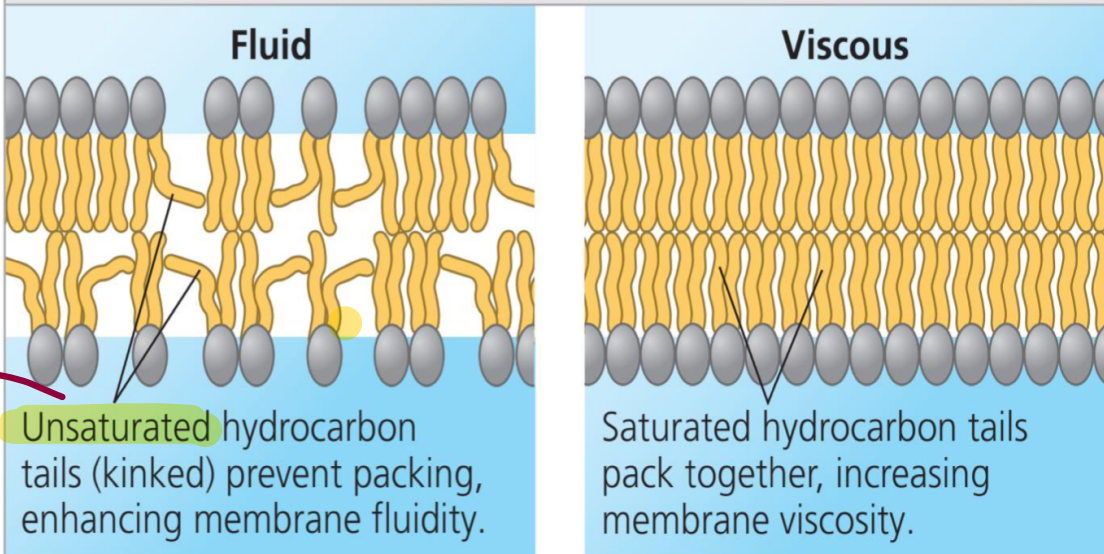
- As the temperature decreases, the membrane remains fluid to a **lower temperature** if it is rich **in unsaturated phospholipids**. Because of kinks in the tails where double bonds are located, unsaturated hydrocarbon tails cannot pack together as closely as saturated hydrocarbon tails, making the membrane more fluid

• مع انخفاض درجة الحرارة، يظل الغشاء سائلاً عند درجات حرارة أقل إذا كان غنياً بالفوسفوليبيدات غير المشبعة.
• بسبب وجود انثناءات (kinks) في الذيل حيث توجد الروابط الثنائية، لا تستطيع الذيل الهيدروكربونية غير المشبعة أن تتراص معاً بشكل وثيق كما تفعل الذيل الهيدروكربونية المشبعة، مما يجعل الغشاء أكثر سيولة.

لأنها كانت غير مشبعة أكثر
↓
سيولة أعلى

Factors that affect membrane fluidity

Unsaturated versus saturated hydrocarbon tails



لا يتي غير
مشبعة
↓
له تتقارب
↓

مسافات

الغشاء أكثر سيولة

مشبعة
↓
الزيت تتقارب

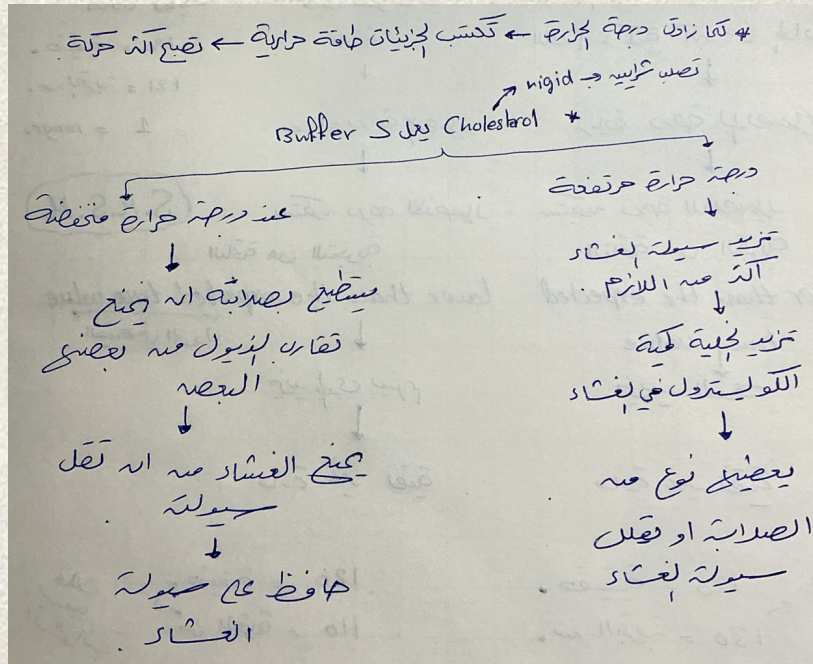
على بعض السطح
في درجات الحرارة
المخفضة

↓
تضيق بانتظام
↓

تقل سيولة الغشاء

↓
وليس أكثر
صلابة

The Fluidity of Membranes: Cholesterol



- **Cholesterol**, which is **stuck between phospholipid** molecules in the plasma membranes of animal cells, has **different effects** on membrane fluidity at different temperatures.
- At relatively **high temperatures**—at 37°C, the body temperature of humans, for example—cholesterol makes the **membrane less fluid** by restricting phospholipid movement.

يؤدي الكوليسترول، الموجود عالقاً بين جزيئات الفوسفوليبيد في الأغشية البلازمية لـ الخلايا الحيوانية، تأثيرات مختلفة على سيولة الغشاء عند درجات حرارة مختلفة. ففي درجات الحرارة المرتفعة نسبياً - عند 37 درجة مئوية، وهي درجة حرارة جسم الإنسان على سبيل المثال - يجعل الكوليسترول الغشاء 1 أقل سيولة عن طريق تقييد حركة الفوسفوليبيد.

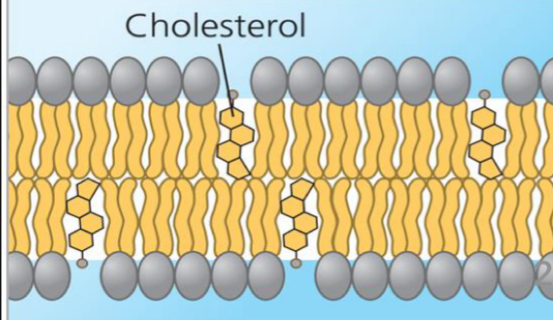
- However, because **cholesterol also hinders** the close packing of phospholipids, it **prevents** the membrane to **solidify at low temperatures** . Thus, cholesterol can be thought of as a “fluidity buffer” for the membrane, resisting changes in membrane fluidity that can be caused by changes in temperature.

ومع ذلك، ونظرًا لأن الكوليسترول يعيق أيضًا التراص الوثيق للفوسفوليبيدات، فإنه **يمنع الغشاء من التصلب** في درجات الحرارة المنخفضة. وبناءً على ذلك، يمكن اعتبار الكوليسترول بمثابة "منظم للسيولة" (**fluidity buffer**) للغشاء، حيث يعمل على مقاومة التغيرات في سيولة الغشاء التي قد تنجم عن تغير درجات الحرارة.

- Compared to animals, **plants have very low levels of cholesterol**; rather, related steroid lipids (**Phytosterols or Plant sterols**) buffer membrane fluidity in plant cells

وبالمقارنة مع الحيوانات، تحتوي **النباتات** على مستويات منخفضة جدًا من الكوليسترول؛ وبدلاً من ذلك، تعمل الدهون الستيرويدية ذات الصلة التي تُعرف باسم (**الفيتوسترول أو الستيرويدات النباتية - Phytosterols**) على تنظيم سيولة الغشاء في الخلايا النباتية. 2

Cholesterol within the animal cell membrane



Cholesterol reduces membrane fluidity at moderate temperatures by reducing phospholipid movement, but at low temperatures it hinders solidification by disrupting the regular packing of phospholipids.

Membrane Proteins: Multifunctional Components

بروتينات الغشاء: مكونات متعددة الوظائف (Membrane Proteins: Multifunctional Components)

- **1. Transporters (Transport)** . Membranes are very selective, allowing only certain solutes to enter or leave the cell, through either channels or carriers composed of proteins.

1. الناقلات - النقل (Transporters): تتميز الأغشية بكونها انتقائية للغاية، فهي تسمح فقط لمواد مذابة معينة بالدخول إلى الخلية أو مغادرتها. ويتم ذلك إما من خلال 1 قنوات (channels) أو حوامل (carriers) تتكون من البروتينات.

- **2. Enzymes.** Cells carry out many chemical reactions on the interior surface of the plasma membrane, using protein enzymes attached to the membrane.
- **3. Cell-surface receptors for Signal transduction.** Membranes are sensitive to chemical messages, which are detected by receptor proteins on their surfaces.

2. الإنزيمات (Enzymes): تُجري الخلايا العديد من التفاعلات الكيميائية على السطح الداخلي للغشاء البلازمي، وذلك باستخدام إنزيمات بروتينية مرتبطة بالغشاء.

3. مستقبلات سطح الخلية لنقل الإشارة (Cell-surface receptors for Signal transduction): الأغشية حساسة جداً للرسائل الكيميائية: حيث يتم رصد هذه الرسائل واكتشافها بواسطة بروتينات مستقبلية (receptor proteins) موجودة على أسطحها.

سبب تنوع فصائل الدم

اختلاف الجلايكوبروتين الموجود على هذه الخلايا

- **4. Cell-surface identity markers.** Membranes carry cell-surface markers that identify them to other cells. Most cell types carry their own ID tags, specific combinations of cell-surface proteins and protein complexes such as glycoproteins that are characteristic of that cell type.

4. علامات هوية سطح الخلية (Cell-surface identity markers): تحمل الأغشية علامات سطحية تميزها وتعرفها للخلايا الأخرى. تحمل معظم أنواع الخلايا "بطاقات تعريف" (ID tags) خاصة بها، وهي عبارة عن تركيبات محددة من بروتينات سطح الخلية والمعقدات البروتينية، مثل البروتينات السكرية التي تعد سمة مميزة لنوع معين من الخلايا.

بروتين + بروتين

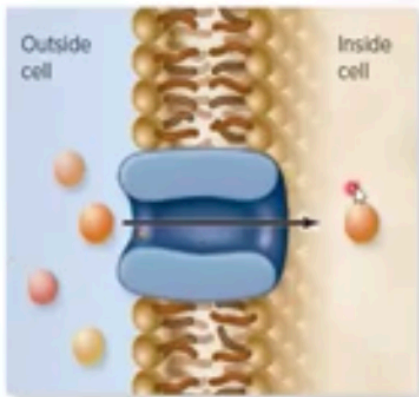
Gap junctions Desmosomes كما في كل خلية متصلة مع الأخرى من خلال بروتينات الغشاء

- **5. Cell-to-cell adhesion proteins.** Cells use specific proteins to glue themselves to one another. Some act by forming temporary interactions, and others form a more permanent bond.

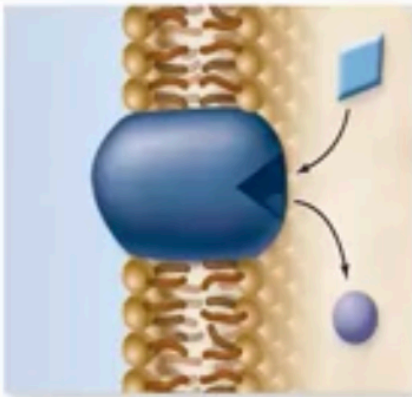
5. بروتينات الالتصاق بين الخلايا (Cell-to-cell adhesion proteins): تستخدم الخلايا بروتينات محددة لربط ("الصق") نفسها ببعضها البعض. يعمل بعض هذه البروتينات عن طريق تكوين تفاعلات مؤقتة، بينما يشكل البعض الآخر روابط أكثر ديمومة.

- **6. Attachments to the cytoskeleton and to ECM.** Surface proteins that interact with other cells are often anchored to the cytoskeleton by linking proteins.

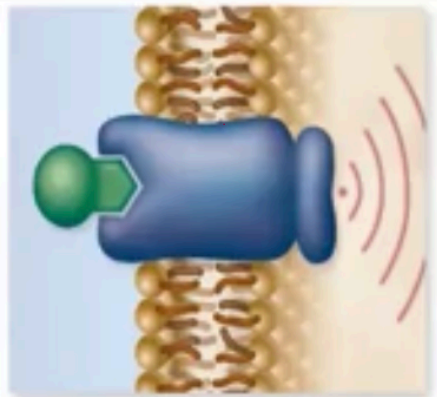
6. الارتباط بالهيكل الخلوي والمادة خارج الخلية (Attachments to the cytoskeleton and to ECM): غالباً ما يتم تثبيت البروتينات السطحية التي تتفاعل مع الخلايا الأخرى في مكانها عبر الارتباط بالهيكل الخلوي (مثل خيوط الأكتين) بواسطة بروتينات رابطة متخصصة.



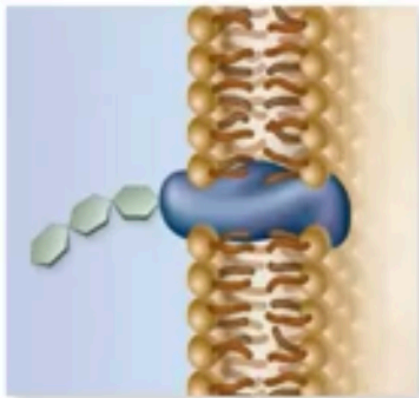
Transporter



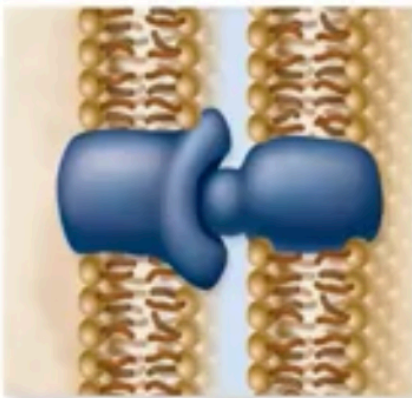
Enzyme



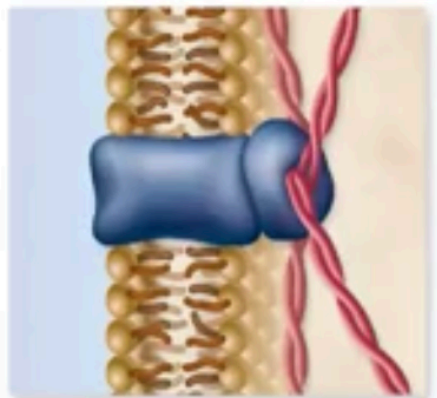
Cell-surface receptor



Cell-surface identity marker



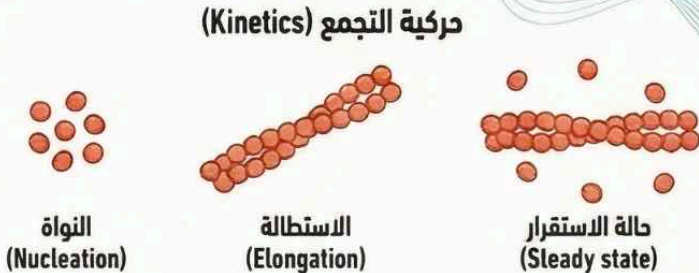
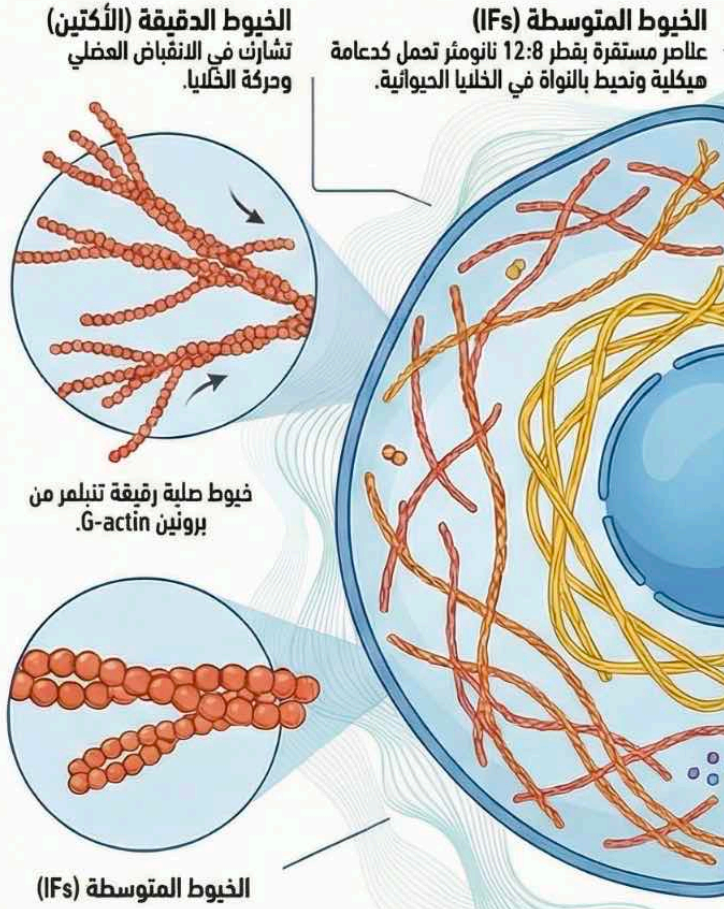
Cell-to-cell adhesion



Attachment to the cytoskeleton

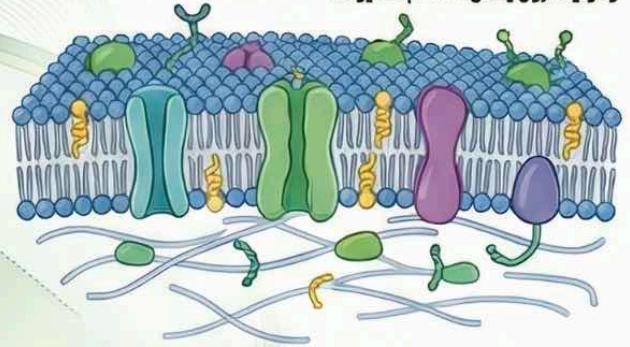
دليل الهندسة الخلوية: الهيكل، الغشاء، والروابط

الهيكل الخلوي: المحركات والدعامات الداخلية



حدود الخلية وآليات التواصل

نموذج الفسيفساء السائل
يتكون الغشاء من طبقة فوسفوليبيد مزجوجة مع بروتينات مدمجة وكوليسترول يعمل كمنظم للسيولة.



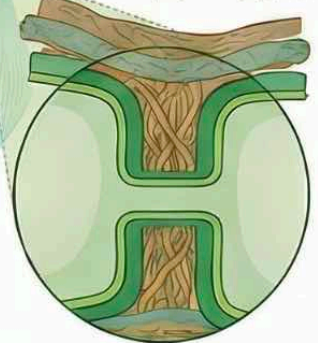
الروابط الخلوية الحيوانية

الروابط المحكمة (Tight)
لمنع التسرب

الأجسام الرابطة (Desmosomes)
للتثبيت الميكانيكي

الروابط الفجوية (Gap)
للالتمال الكيميائي

الدعم الخارجي والروابط النباتية

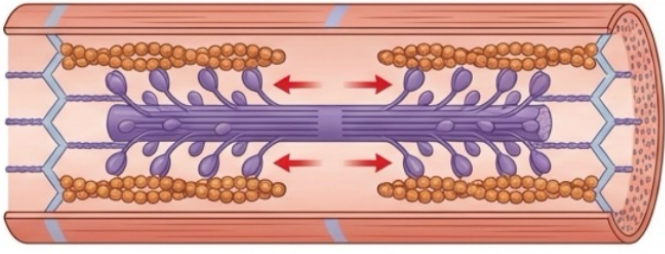


الروابط البلازمية (Plasmodesmata)
تمتلك النباتات جدرانًا سيليلوزية وروابط بلازمية تسمح بمرور الماء والمواد بين الخلايا.

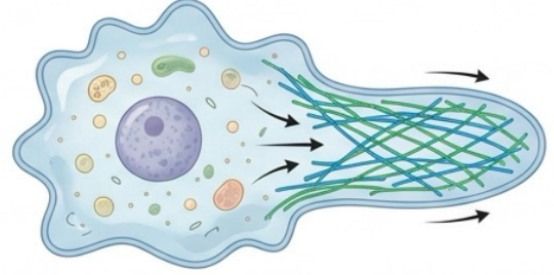
مقارنة سريعة بين أنواع الروابط الخلوية ووظائفها الأساسية

نوع الرابطة	الوظيفة الأساسية	الموقع الغالب
الروابط المحكمة (Tight)	منع تسرب السوائل بين الخلايا	الأنسجة الطلائية
الأجسام الرابطة (Desmosomes)	تثبيت الخلايا في أوراق قوية	العضلات والجلد
الروابط الفجوية (Gap)	قنوات لنقل الأيونات والجزيئات	عضلة القلب والأجنة

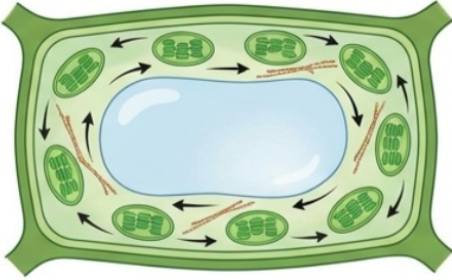
وظائف الخيوط الدقيقة: محركات الحركة الخلوية



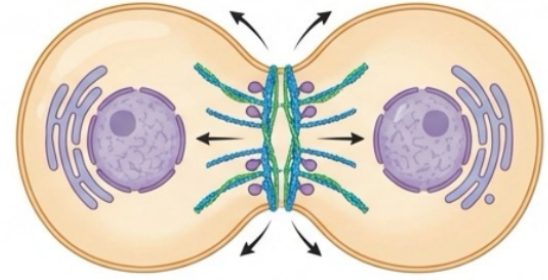
انقباض العضلات (Muscle Contraction): تفاعل الآلاف من خيوط الأكتين مع خيوط الميوسين (Myosin) السميكة.



الحركة الأميبية (Amoeboid Movement): زحف الخلايا (مثل الأميبا وخلايا الدم البيضاء) عبر تكوين الأقدام الكاذبة (Pseudopodia).

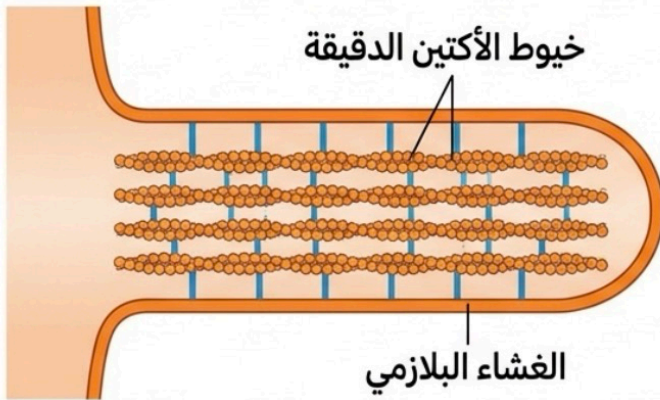


الانسياب السيتوبلازمي (Cytoplasmic Streaming): تدفق دائري للمستلزمات في الخلايا النباتية لتسريع توزيع المواد.



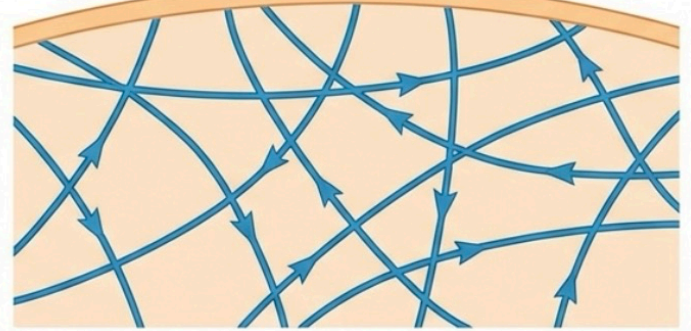
انقسام الخلية (Cytokinesis): تكوين أخدود الانقسام (Cleavage furrow) لفصل الخلايا الجديدة.

الدعم الهيكلي: قشرة الخلية والخملات



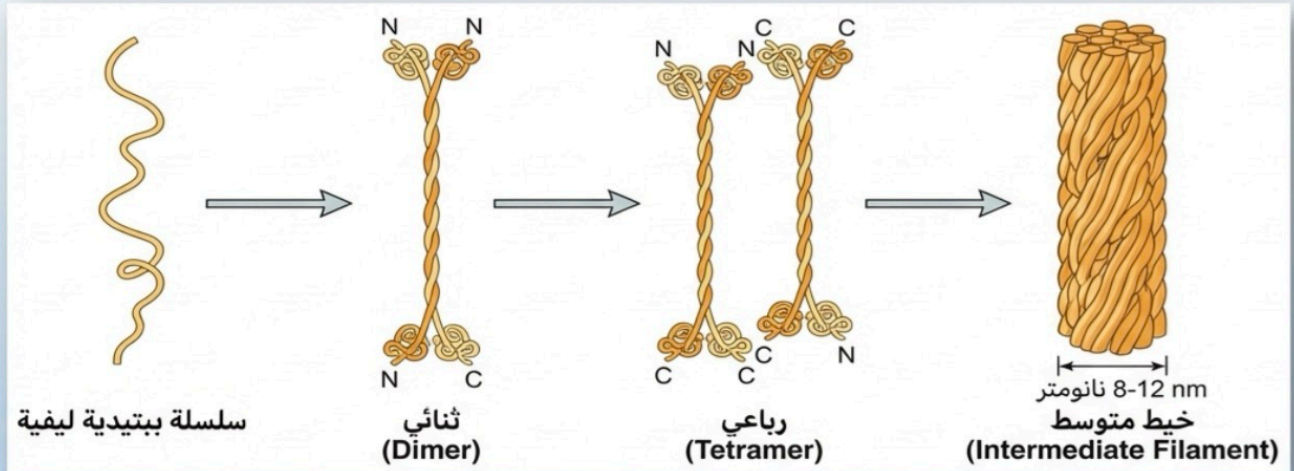
الخملات الدقيقة (Microvilli): امتدادات إصبعية على سطح الخلايا الحيوانية لزيادة مساحة الامتصاص.

التركيب: حزم متوازية من الخيوط الدقيقة تشكل القلب الداعم لكل خملة.



قشرة الخلية (Cell Cortex): شبكة كثيفة من الخيوط الدقيقة تقع مباشرة تحت الغشاء البلازمي. تمنح الطبقة الخارجية للسيتوبلازم قواماً شبه صلب (Gel consistency) لدعم شكل الخلية.

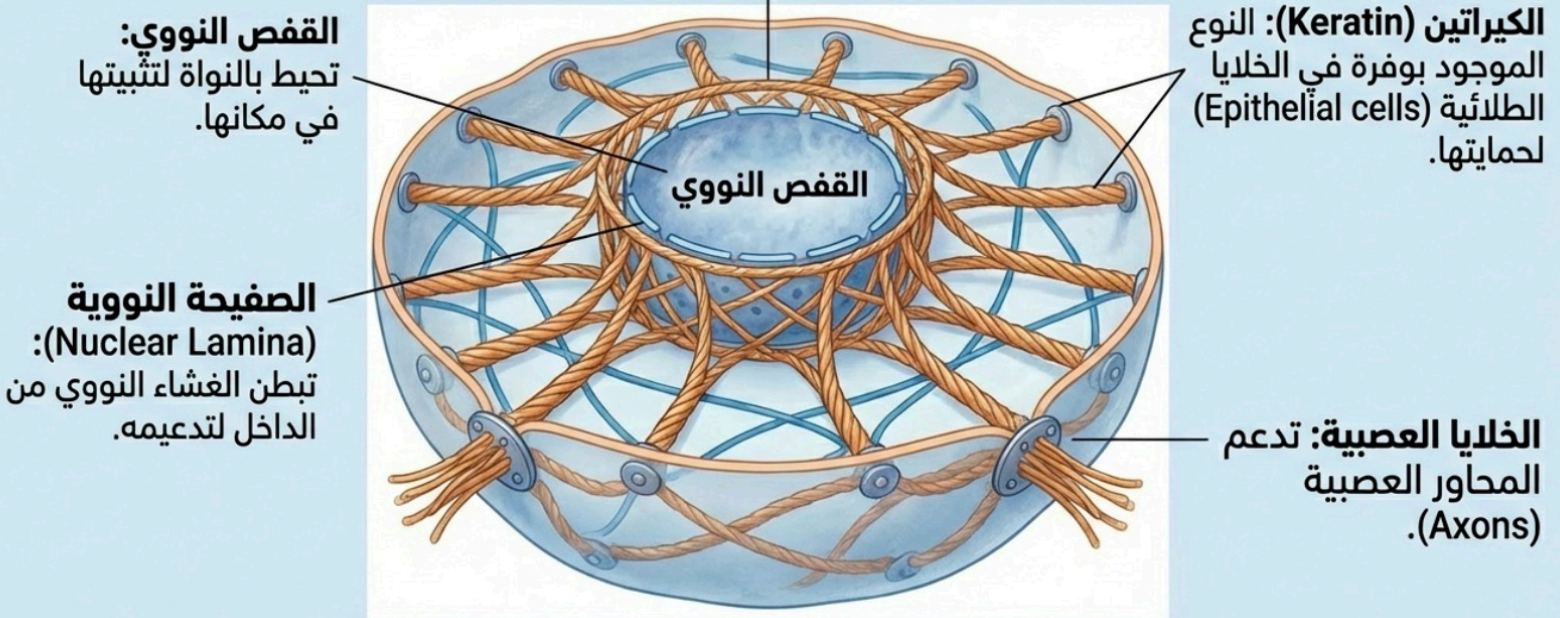
الخيوط المتوسطة (Intermediate Filaments): شبكة التوتر والمتانة



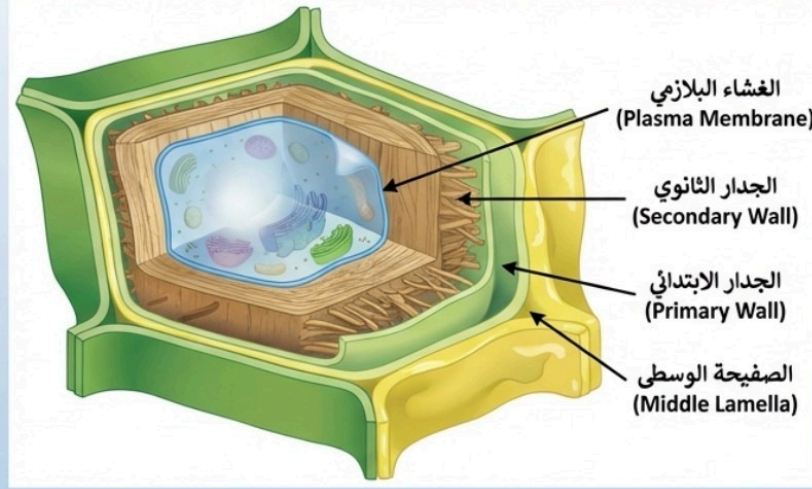
- **الحجم:** قطرها 12-8 نانومتر (وسط بين الأنابيبب والخيوط الدقيقة).
- **الخصائص:** أكثر مكونات الهيكل الخلوي ثباتاً وأقلها ذوباناً (لا تتحلل بسهولة).
- **التواجد:** توجد في الخلايا الحيوانية (غائبة في النباتات).
- **البنية:** وحدات بروتينية ليفية (وليست كروية) تلتف لتكون ثنائيات (Dimers) ثم رباعيات، لتشكل حبلًا قويًا.
- **التخصص:** تختلف بروتيناتها باختلاف الأنسجة (عكس الأكتين المتشابه).

وظائف الخيوط المتوسطة: التثبيت والحماية

تحمل الشد: تلعب دوراً أساسياً في تحمل التوتر الميكانيكي داخل الخلية.



الجار الخلوي للنبات: طبقات الحماية



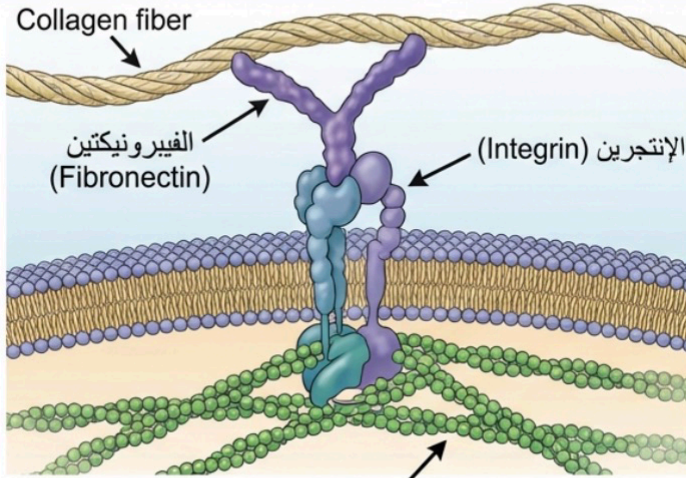
- التركيب: ألياف السليلوز (Cellulose) المغمورة في مصفوفة من السكريات والبروتينات.
- الجدار الابتدائي (Primary Wall): رقيق ومرن، يتكون أثناء نمو الخلية.
- الصفحة الوسطى (Middle Lamella): طبقة غنية بالبكتين (Pectins) اللاصق، تعمل كغراء يربط الخلايا المتجاورة.
- الجدار الثانوي (Secondary Wall): يضاف بعد توقف النمو بين الغشاء والجدار الابتدائي. يتميز بالصلابة والديمومة (مثل الخشب).

المصفوفة خارج الخلوية (ECM) في الخلايا الحيوانية



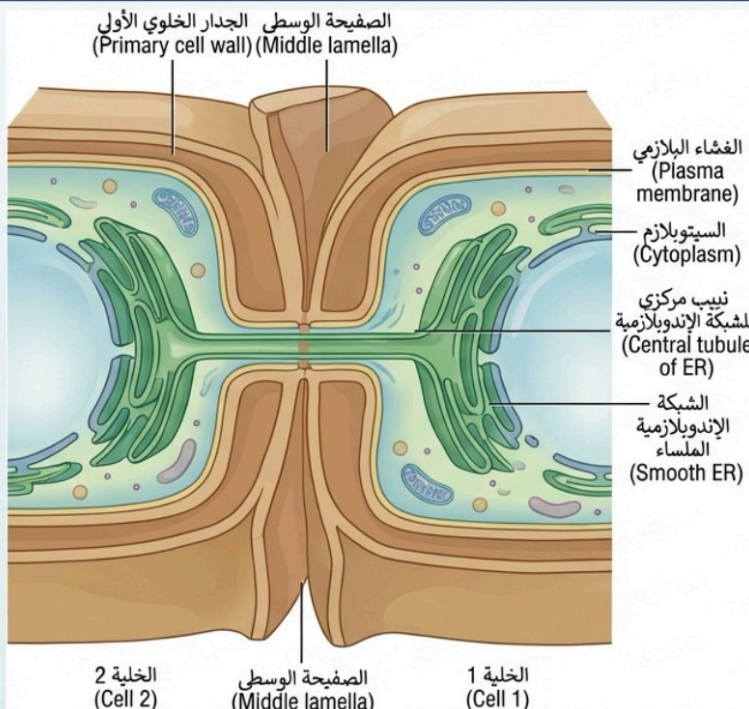
- الوظيفة: بديل للجدار الخلوي في الحيوانات، يوفر الدعم والحماية.
- الكولاجين (Collagen): البروتين الأليف الأكثر وفرة (40% من بروتين الجسم)، يمنح القوة.
- الإلاستين (Elastin): ألياف مرنة.
- البروتوجليكان (Proteoglycans): شبكة معقدة تحيط بالألياف وتتكون من بروتينات وسكريات.

نقطة الاتصال: الإنتجرين والفيبرونيكتين



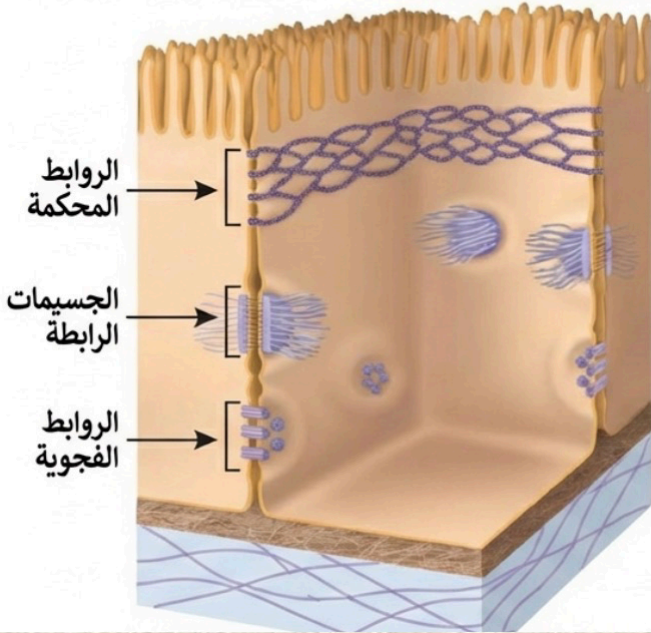
- الفبيرونيكتين (Fibronectin): بروتين سكري يربط الـ ECM بمستقبلات سطح الخلية.
- الإنتجرين (Integrins): بروتينات عابرة للغشاء (Transmembrane proteins).
- آلية الربط: يرتبط الإنتجرين بالـ ECM من الخارج وبالهيكال الخلوي (الأكتين أو الخيوط المتوسطة) من الداخل.
- الفبيرونيكتين (Fibronectin): بروتين سكري يربط الـ ECM بمستقبلات سطح الخلية.
- الإنتجرين (Integrins): بروتينات عابرة للغشاء (Transmembrane proteins).
- آلية الربط: يرتبط الإنتجرين بالـ ECM من الخارج وبالهيكال الخلوي (الأكتين أو الخيوط المتوسطة) من الداخل.
- أهمية: نقل الإشارات بين البيئة الخارجية وداخل الخلية، وتنسيق سلوك الخلايا داخل النسيج.

روابط النبات: البلازموديزمات (Plasmodesmata)



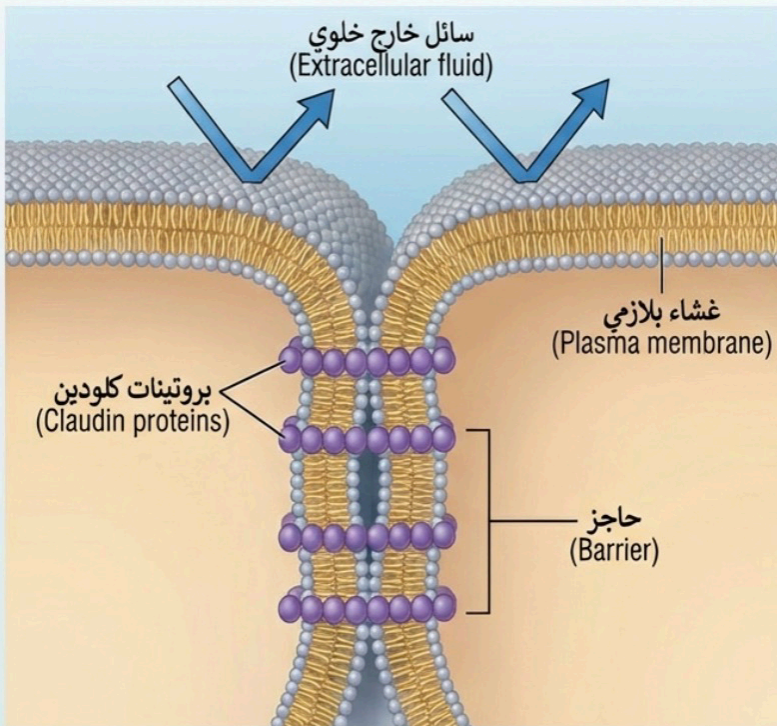
- التعريف: قنوات سيتوبلازمية تخترق الجدران الخلوية لتربط الخلايا المتجاورة.
- البنية: تبطن القناة بالغشاء البلازمي وتتصل الشبكة الإندوبلازمية (ER) للخليتين عبرها.
- الوظيفة: توحيد النبات في متصل حيوي واحد (Living continuum).
- النقل: تسمح بمرور الماء، الذائبات الصغيرة، والسيتوبلازم بحرية بين الخلايا، مما يوحد البيئة الكيميائية الداخلية.

روابط الخلايا الحيوانية: ثلاثة أنواع رئيسية



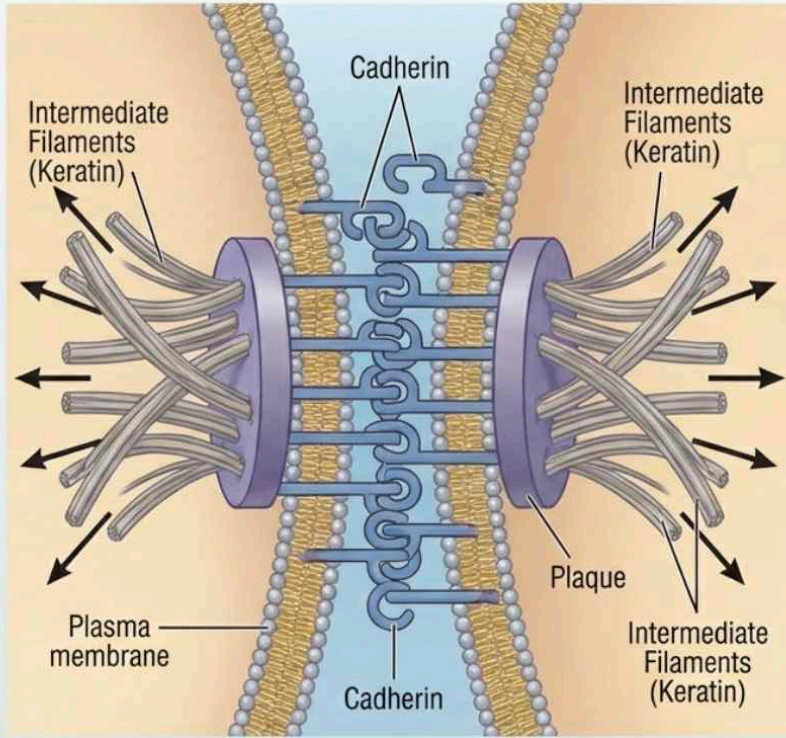
- توجد ثلاث أنواع رئيسية من الروابط، وتكون شائعة بشكل خاص في الأنسجة الطلائية (Epithelial tissue):
 1. الروابط المحكمة (Tight Junctions): للعزل ومنع التسرب.
 2. الجسيمات الرابطة (Desmosomes): للثبيت الميكانيكي.
 3. الروابط الفجوية (Gap Junctions): للتواصل والنقل.

الروابط المحكمة (Tight Junctions): السد المنيع



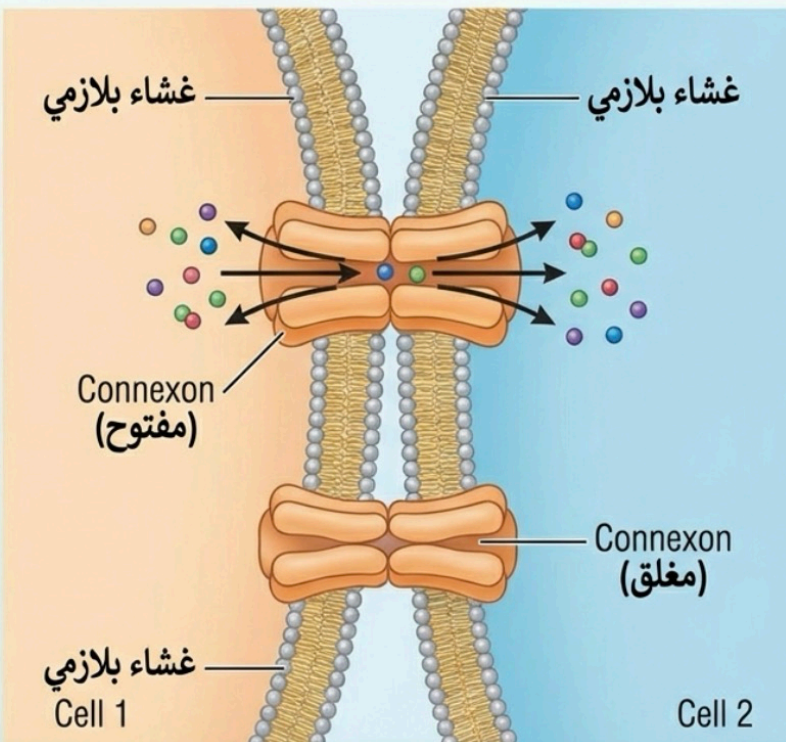
- الآلية: تضغط الأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة بقوة ضد بعضها البعض.
- البروتينات: ترتبط بواسطة بروتينات خاصة تسمى كلودين (Claudins).
- الوظيفة: تشكل ختماً مستمراً يمنع تسرب السائل خارج الخلوي (Extracellular fluid).
- مثال: تجعل خلايا الجلد مقاومة للماء (Watertight)، مما يمنع جفاف الجسم أو دخول الماء غير المرغوب فيه.

الجسيمات الرابطة (Desmosomes): مسامير التثبيت



- الوظيفة: تعمل كمسامير (Rivets) لتثبيت الخلايا معاً في صفائح قوية.
- التركيب: تعتمد على بروتين الكادهيرين (Cadherin) للالتصاق بين الخلايا.
- الدعامة الداخلية: ترتبط من الداخل بخيوط الكيراتين (الخيوط المتوسطة) لتوزيع الضغط.
- الأهمية: حيوية للأنسجة التي تتعرض لإجهاد ميكانيكي مثل العضلات والجلد (تمزقها يؤدي لتلف الأنسجة).

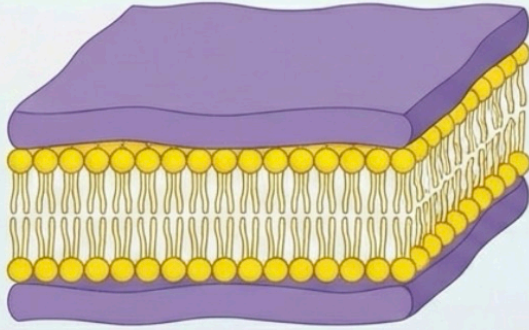
الروابط الفجوية (Gap Junctions): قنوات التواصل



- التركيب: قنوات بروتينية (Connexons) تتكون من 6 بروتينات عابرة للغشاء، تصطف لتشكيل ممراً بين الخليتين.
- النقل: تسمح بمرور الأيونات، السكريات، والأحماض الأمينية (لا تسمح بمرور البروتينات الكبيرة).
- الأهمية: ضرورية لتواصل عضلة القلب والأجنة.
- البوابات (Gating): قنوات ديناميكية تفتح وتغلق استجابة لعوامل مثل ارتفاع الكالسيوم (Ca^{2+}) لعزل الخلايا المتضررة.

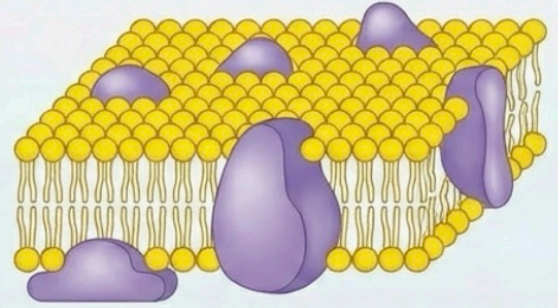
تطور نماذج الغشاء: من الساندويتش إلى الفسيفساء

نموذج دافسون-دانييلي (1935)



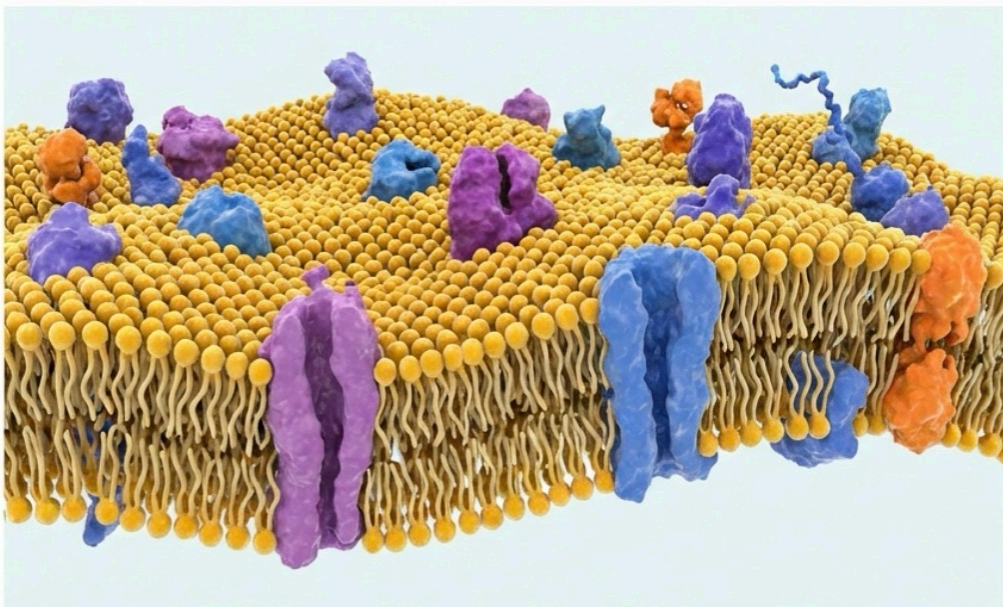
- نموذج دافسون-دانييلي (1935): اقترح نموذج الساندويتش حيث طبقة الدهون محصورة بين طبقتين من البروتين. (ثبت عدم صحته).

نموذج سينجر-نيكلسون (1972)



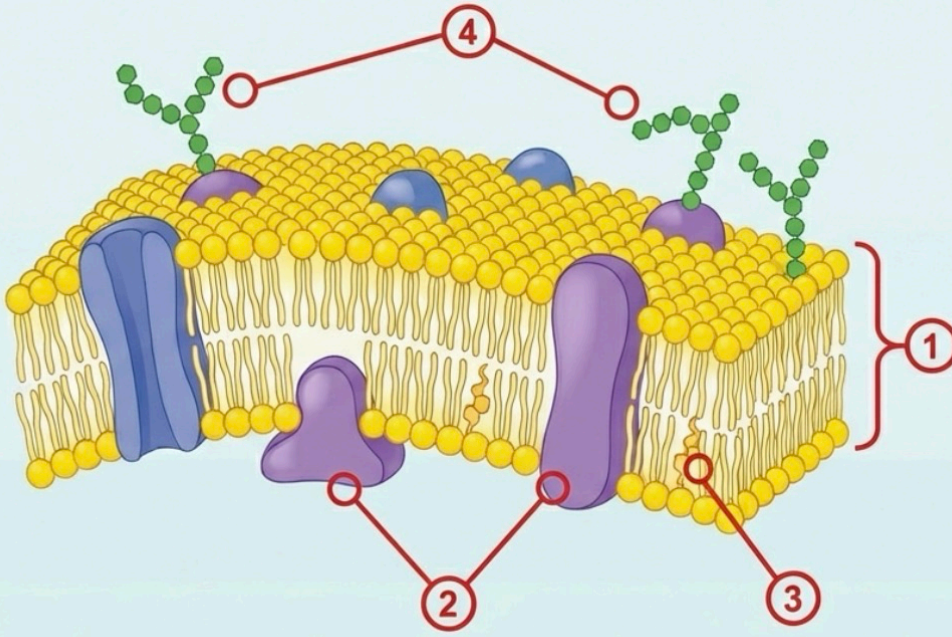
- نموذج سينجر-نيكلسون (1972): اقترح النموذج الفسيفسائي السائل (Fluid Mosaic Model). المفهوم الحديث: البروتينات مغمورة داخل طبقة الدهون وليست مجرد طبقة سطحية، مما يسمح للأجزاء المحبة للماء والكارهة للماء بالتموضع الصحيح.

النموذج الفسيفسائي السائل (Fluid Mosaic Model)



- النموذج الفسيفسائي السائل (Fluid Mosaic Model)
- Mosaic = خليط من الدهون والبروتينات.
- Fluid = المكونات تتحرك جانبياً.
- الطبيعة الأمفيثائية (Amphipathic):
للدهون والبروتينات مناطق محبة للماء (رؤوس / أطراف) ومناطق كارهة للماء (ذيول/قلب).

المكونات الأربعة للغشاء الخلوي



1. طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة
(Phospholipid Bilayer):
الهيكل الأساسي.

2. البروتينات:

- مدمجة (Integral): تخترق الغشاء.

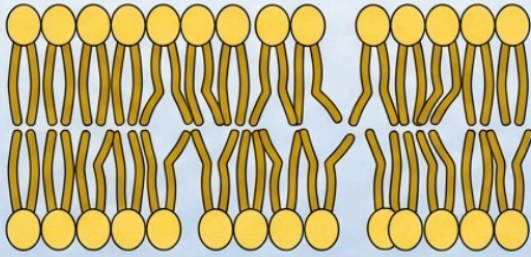
- سطحية (Peripheral): ترتبط بالسطح فقط.

3. الكوليسترول (Cholesterol): يوجد في الخلايا الحيوانية لتنظيم السيولة.

4. الكربوهيدرات: سكريات مضافة للبروتينات (Glycoproteins) أو الدهون (Glycolipids) لتعمل كهوية للخلية.

سيولة الغشاء: الدهون المشبعة وغير المشبعة

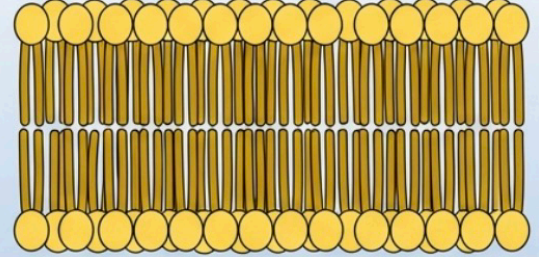
Fluid



Unsaturated
غير مشبعة

الدهون غير المشبعة (Unsaturated): وجود وجود روابط ثنائية يسبب انحناءات (Kinks) في ذيول الدهون، مما يمنع التراص ويزيد السيولة.

Viscous



Saturated
مشبعة

الدهون المشبعة (Saturated): ذيول مستقيمة تسمح بالتراص الكثيف، مما يزيد اللزوجة.

الحركة: تتحرك الدهون والبروتينات جانبياً (Sideways) ونادراً ما تنقلب عمودياً (Flip-flop).