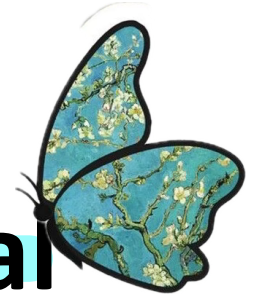
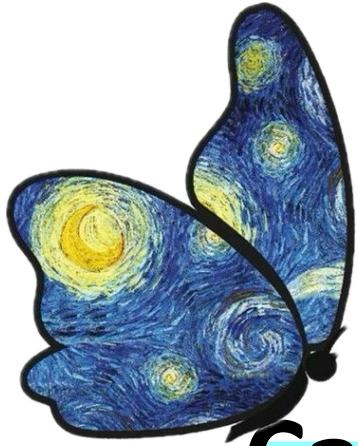




Molecular Biology

Lec : 4

Done by : Majd Aldzja



Carbohydrates of biological importance- 4

Ahmed Salem, MBBCH, MSc, PhD, FRCR
asalem@hu.edu.jo

Majority of sides: Dr. Walaa Bayoumie
El Gazzar

Classification and Nomenclature

Carbohydrates

Monosaccharide

Oligosaccharide

Polysaccharide

Functional group	Number of carbon atoms	Di-saccharide	Tri-saccharide	Tetra-saccharide	Homopoly-saccharide	Hetropoly-saccharide
Aldoses e.g Glucose	Trioses	Maltose	Raffinose	Stachyose	Starch	Hyaluronic acid
Ketoses e.g Fructose	Tetroses	Lactose			Dextrin	Heparin
	Pentoses	Sucrose			Glycogen	Chondroitin sulfate
	Hexoses				Cellulose	Dermatan Sulfate
	Heptoses				Inulin	Keratan Sulfate



Polysaccharides are classified **chemically & functionally** as follows: **التصنيف كان كيميائياً ووظيفياً** *

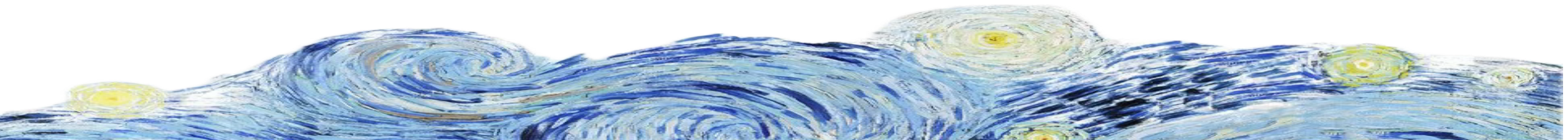
متجانس

- **1- Homogeneous polysaccharides:** These are polysaccharides which **give single type of sugar on hydrolysis** as D-glucose units or D-fructose units.

أغلفة

- **2-Heterogeneous polysaccharides:** These are polysaccharides which have **different type of sugars associated with other substances**. **e.g.** D-Glucosamine, D-glucuronic acid, N-acetyl neuraminic acid. etc.

هون رح نلاقي أنواع مختلفة من السكريات موجودة و رابطة مع مواد تانية



Heteropolysaccharides



Heteropolysaccharides



تعريف

- They are polysaccharides formed of more than one type of simple sugar units.

- They include:

1

- “glycosaminoglycans”, formerly called the mucopolysaccharides

ماخوذة من

mucus لزج او

مخاطي

2

- Glycoproteins (proteins + oligosaccharide chains)

میں اکثر کمیة پروتین ؟ فی ال GAGs > Glycoproteins

1 Glycosaminoglycans (GAGs)

الاسم المختصر

- 1 Unbranched, 2 linear (بمعنى عبارة عن linear) long chain (usually > 50 sugar units) heteropolysaccharides

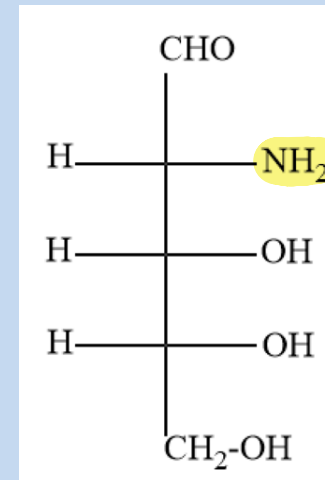
- Composed of a repeating disaccharide unit, usually made up of 1 an amino sugar and a 2 uronic acid.

هون على عكس ال Homogeneous polysaccharides مثل ال starch مكون من وحدات سكر احادية اما هون في glycosaminoglycan المكون هو سكر ثنائي متكرر بتكون من مكونين amino sugar و uronic acid

amino sugar

uronic acid

1-Amino sugars (e.g. hexosamines):



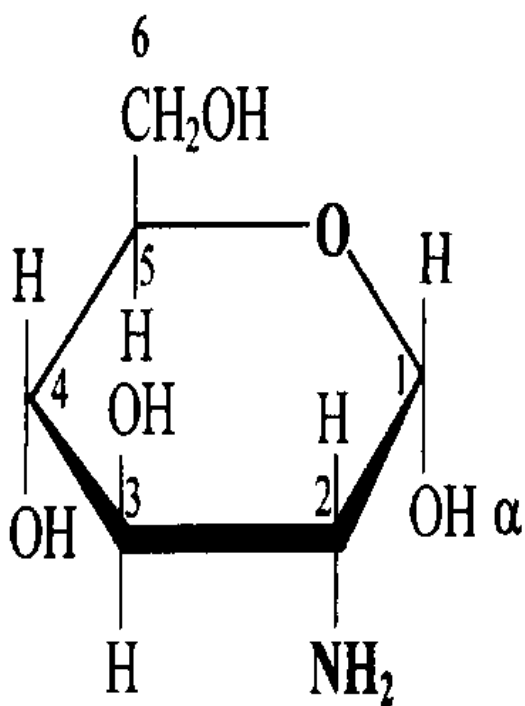
The hydroxyl group attached to carbon number 2 is replaced by an amino group (NH₂)

بدخل في مكونات

Amino sugars are constituents of glycoproteins, glycolipids & glycosaminoglycan.

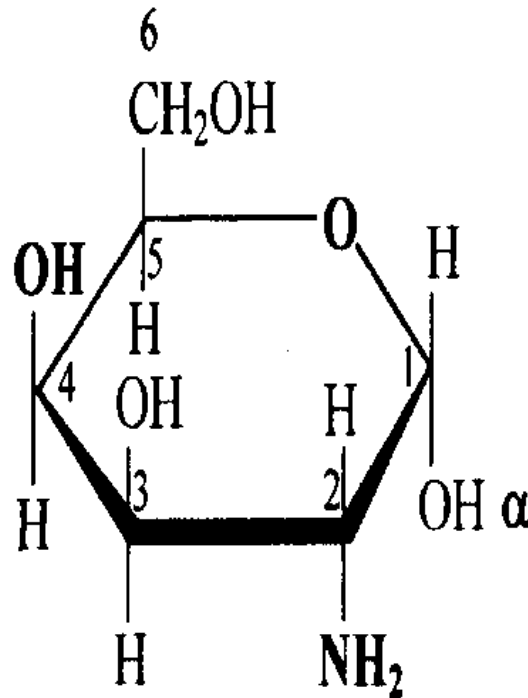
أمثلة على ال amino sugars

Examples: glucosamine, galactosamine & mannosamine.



α, D-Glucosamine

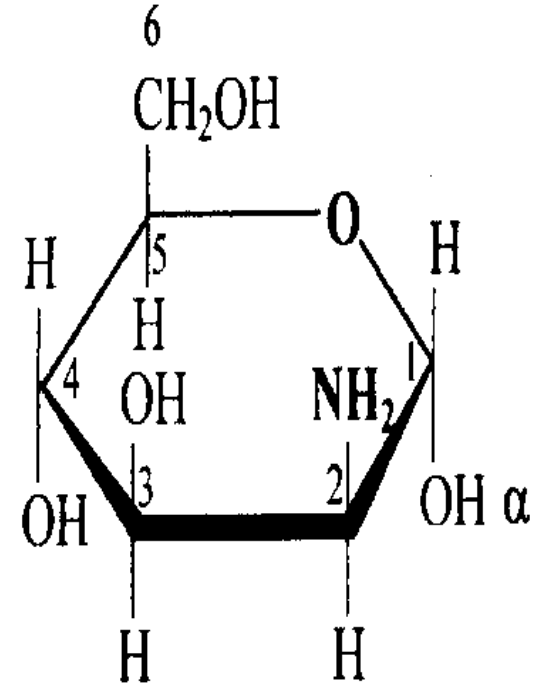
1 Hyaluronic acid, heparin



α, D-Galactosamine

Chondrosamine in chondritin

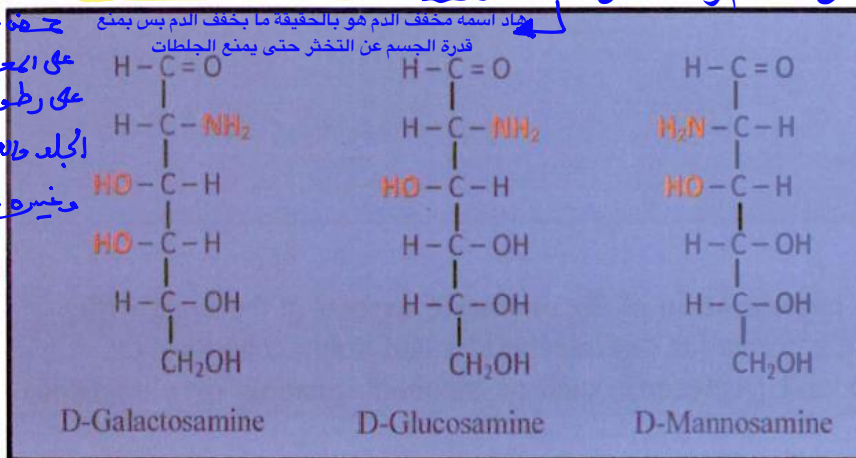
← مركب (دواء) يستخدم في علاج العظم و المفاصل



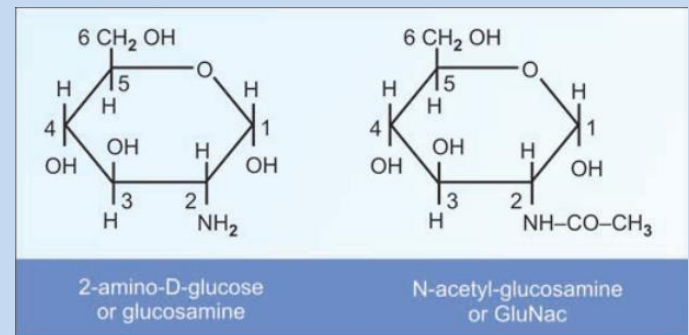
α, D-Mannosamine

In glycoproteins

هذا اسمه مخفف الدم هو بالحقيقة ما يخفف الدم بس يمنع
 قدرة الجسم عن التخثر حتى يمنع الجلطات
 على المحافظة
 على رطوبة
 الجلد والعينين
 وغيره...



2 Some antibiotics e.g. erythromycin contain amino sugars

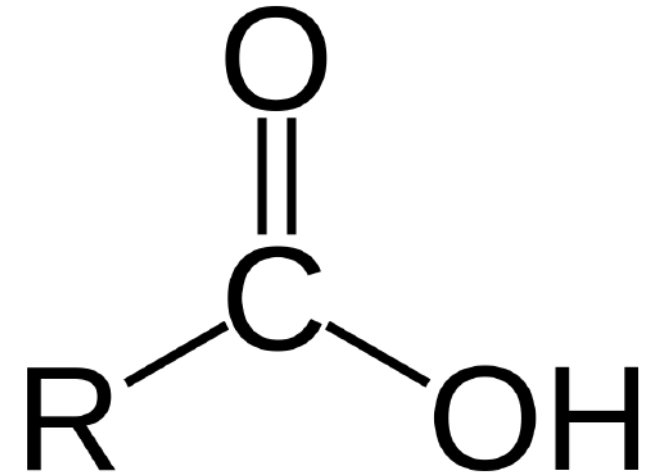


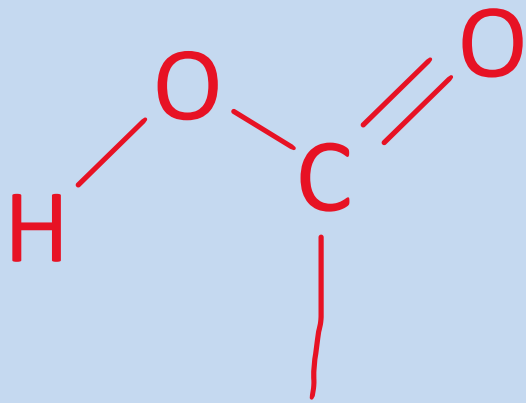
Sugar acids

بنعرف الأوكسدة يا باخد هيدروجين او بضيف اوكسجين و
طبعاً الأوكسدة كانت فقط لالديهيد الكيتون لا يتأكسد

- They are obtained by **oxidation** of **monosaccharides**.
- Only the **aldehyde carbon (C1)** and the **terminal hydroxyl group at carbon 6** of **aldosugars** can be oxidized to form **carboxylic group**.

بصيرله تأكسد بس ل اي كربونة ؟ كربونة واحد او
كربونة ستة او حتى الكربونتين سوا ،، ليش تأكسدت
هالكربونات ؟ عشان تعمل ال carboxylic group



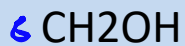


C1 بعد تعرضها للoxidation

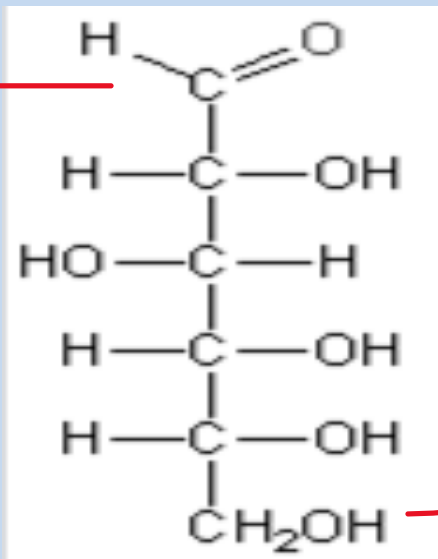
Aldonic acid: oxidation in aldehyde group



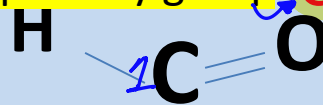
تأكسد للكربونة الأولى



Gluconic acid (aldonic acid)



Uronic acid: oxidation in primary group C6



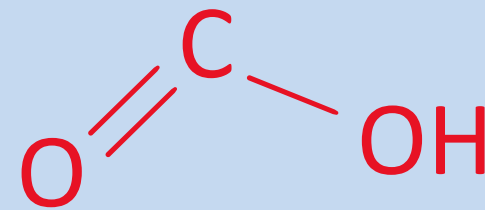
تأكسد بس للكربون 6



Glucuronic acid (uronic acid)

C6 بعد تعرضها للoxidation

شو يكون صار؟ الH2 حذفناها و بنحط مكانها O



Aldaric: oxidation in both groups (e.g. glucaric)

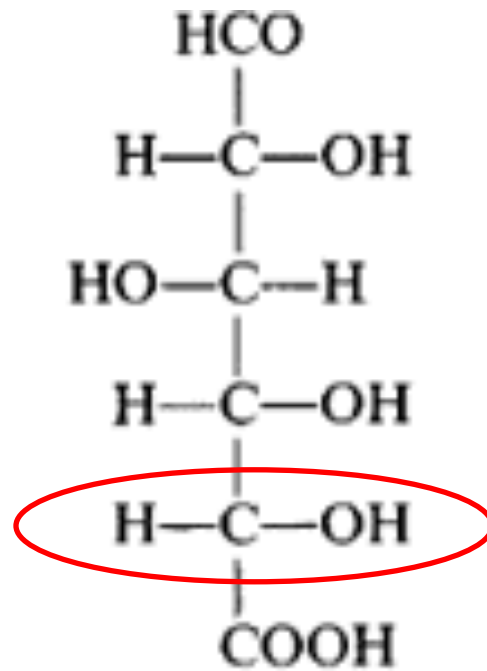


تأكسد صار للكربونتين 6 و 1

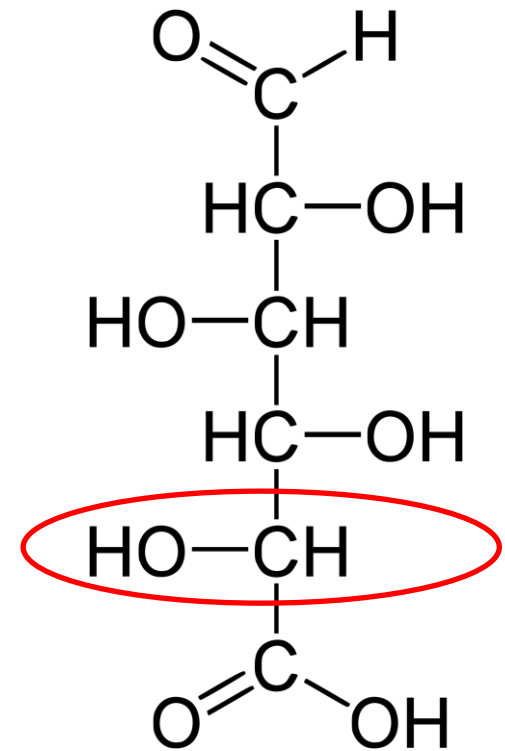


Glucaric acid (Saccharic acid)

المركبين نفس التركيب تماما.. بس الفرق هو موقع ال OH على C5, وبما إنه الاختلاف بينهم على C وحدة ف يعتبروا epimers, وال C epimeric هي C5



D-Glucuronic acid



L-iduronic acid

❖ *L-iduronic acid: the 5 epimer of D-glucuronic acid*

ال amino group الي بتكون على ال C2 بصيرتها acetylated or sulfated و هي ال amino group بالحقيقة موجبة بس بعد ال sulfate بتصير سالبة

- **The amino group** of the amino sugar (D-glucosamine or D-galactosamine) **is usually acetylated or sulfated, eliminating its positive charge and giving it a negative charge.**

لأنه فيهم unbound electrons

Addition of ^{أسيل}CO-CH₃

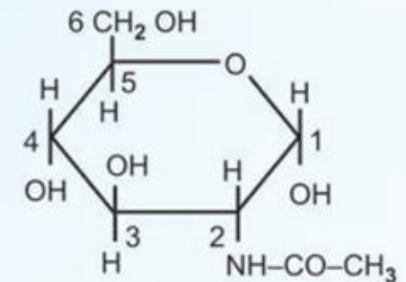
Addition of SO₃

- The amino sugar may also **be sulfated on C-4 or C-6, giving it extra negative charges.**

و ممكن كمان
تتضاف على C2

هي بالحقيقة أنها الكربونة الثانية لكن ممكن يصير
على الرابعة او السادسة

Acetylation is a reaction that introduces an acetyl functional group (acetoxy group, CH₃CO) into an organic chemical compound



N-acetyl-glucosamine
or GluNAc

*ال negative charge هاي مهمة وبتغير في خصائص المركب

- The uronic acid (D-glucuronic acid or L-iduronic acid) may be sulfated.
- Only in one GAG, the keratan sulfate, there is no uronic acid but there is galactose instead.

مهم ممكن يجي عليه سؤال مين الوحيد من ال GAG ما
عنده uronic acid

❖ *L-iduronic acid: the 5 epimer of D-glucuronic acid*

GAGs general properties

Attracts water

- Negatively charged, so attract positive ions, form hydrogen bonds with water → hydrated

gel:

أسم ثاني لل GAGs

- ① Provides mechanical support in ECM
- ② Acts as lubricant
- ③ Is compressible: when compressed, water is squeezed out → shock absorption

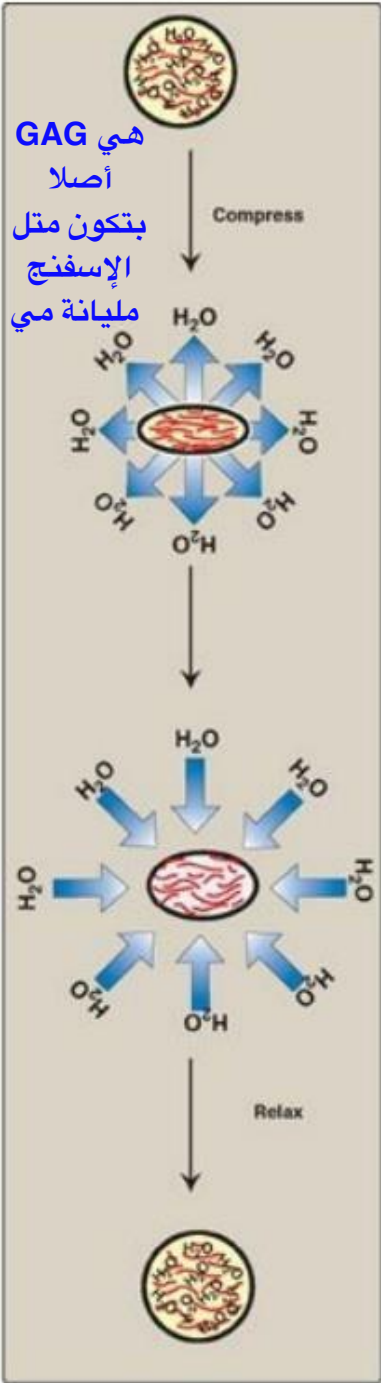
وبسبب تواجد الماء حولها فهي قابلة للضغط

② ال lubricant اسم يطلق على المادة اللي بتساعد على تقليل الاحتكاك بين الأسطح, وبسبب جذب ال GAG لجزيئات الماء صار عنده القدرة واللزوجة يكون lubricant..
عشان هيك ممكن تتواجد بمناطق زي ال joints (واللي بتساعد انها تكون لزجة هو انها نفسها سالبة الشحنة, ف لما تقرب من بعضها بتنزلق عن بعض وبتتنافر)

موجبة
سلبية

3 بالصورة موضحة ردة فعل الGAG عند ضغطه, كيف أخرج الماء وتقلص
عشان يحمي باقي الخلية بعدين بسبب شحنته السالبة رجع استعادها.

زي عند القفز من مكان عالي مثلا الضغط الناتج على المفاصل يتم التعامل
معه بنفس الطريقة عشان يمنع كسر العظام




Mucopolysaccharides (GAGs) in combination with proteins form mucoproteins

احنا حكينا من أسماء ال GAGs هو mucopolysaccharides يكون فيهم مثل المادة المخاطية بترتبط مع البروتينات

- Six classes of GAGs are present in our body, namely:

a. Hyaluronic acid → **sulfate free GAGs**

↳ the only GAG that does not contain Sulfate)  هيك يعني مهم

بتكون mucoproteins و هي المادة بتكون بين الأعضاء تعمل حماية الهم و بتكون عبارة عن طبقة شبه نافذة و بتحمي الأنسجة

Sulphate containing GAGs

a. Chondroitin sulfate

b. Dermatan sulfate

c. Keratan sulfate (**only GAG with no uronic acid**)

d. Heparin

e. Heparan sulfate

هون بيجي اسئلة مثلا أي واحد من المركبات ما يحتوي على كذا او ما يحتوي على uronic acid او ال function

الدكتور أحمد : بتعرف شو بنحب نجيب اسئلة ؟

الطلاب :



عادي اغيب؟

الدكتور أحمد : أعطيني المكونات لل GAGs و الاستثناءات الي موجودين

تذكير : GAGs

Long chain ...big molecule

Mucus ... viscuos

يشحم الاشياء lubricate

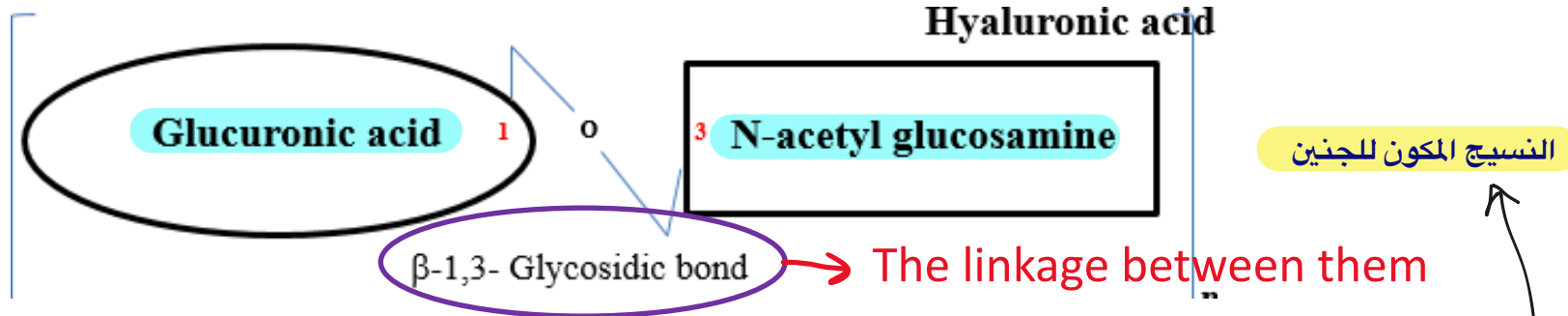
Negatively charged ... attract water

هسا لو عندي big molecule/GAGs بحتك باي جزيء بطريقة ،هسا كل ما كبر ال molecule كل ما زادت لزوجته ، عندها القدرة على التأقلم على المكان اللي بتكون فيه زي ال sponge بتمتص الماء ولما نضغط عليها بتطلع الماء بالامكان اللي بالجسم بتحتاج هاي الخاصية بكون موجود ال GAGs

a. Hyaluronic acid:

- Formed of repeating units of **N-acetyl glucosamine & β -glucuronic acid**

* disaccharide



- Present in cartilage, connective tissue, **synovial fluid**, **vitreous humor of the eye**, **embryonic tissue** & in the **zona pellucida around the ovum**

Found in joints

السائل الموجود في العين, وبحميتها

من انها تفقع أو يصير لها اشي لما

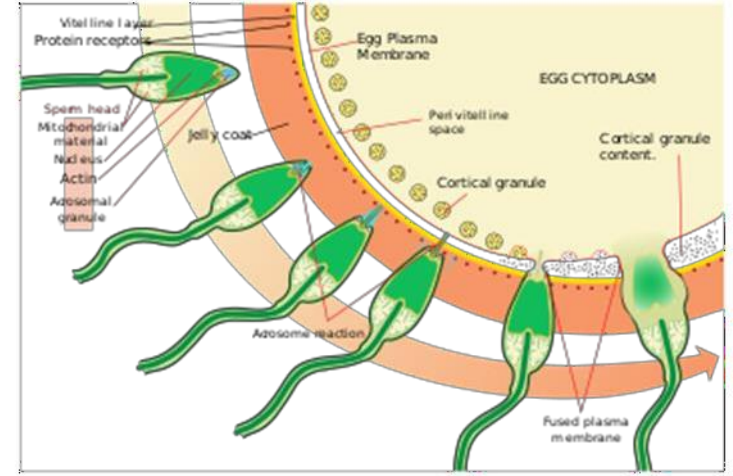
تتضغط أو عند trauma

يمكن اعتباره اسمنت الجسم والعامل المساعد في بناؤه, بحيث يكون له دور في ال wound healing, وموجود في الجنين وبساعد في نمو أعضاؤه, بس برضه طبيعة تواجدته و وظيفته بتخليه للأسف من العوامل اللي ممكن تساعد في انتشار ال cancer

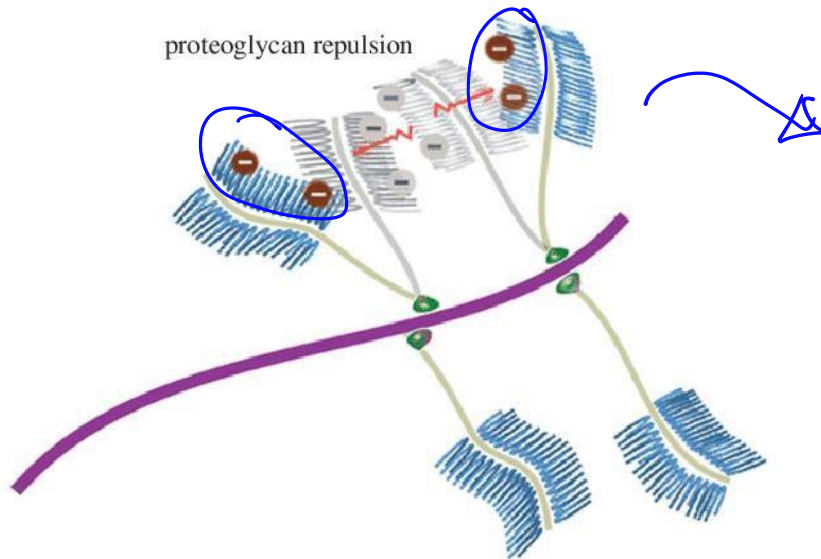
- The only GAG that does not contain sulfate.**

ذكرت من قبل انه اسمنت الجسم.. وين بتواجد؟ بكون موجود بين الخلايا (**مش داخلها**) هسا كونه محيط بالخلية ف أي إشي بده يفوت عالخية لازم يعبر من خلاله.. بس كيف بخرقه؟ عشان يخرقه لازم يكون بحتوي على انزيم اسمه Hyaluronidase enzyme والتي بعمل على تحفيز تحطيم الHyaluronic acid وبالتالي بدخل الخلية..

وهاض الاشي ممكن نشوفه ببعض أنواع البكتيريا , وموجود برضه برأس الsperms وهو اللي بعطيهم القدرة على الدخول للovum وعبور جدارها



(b)

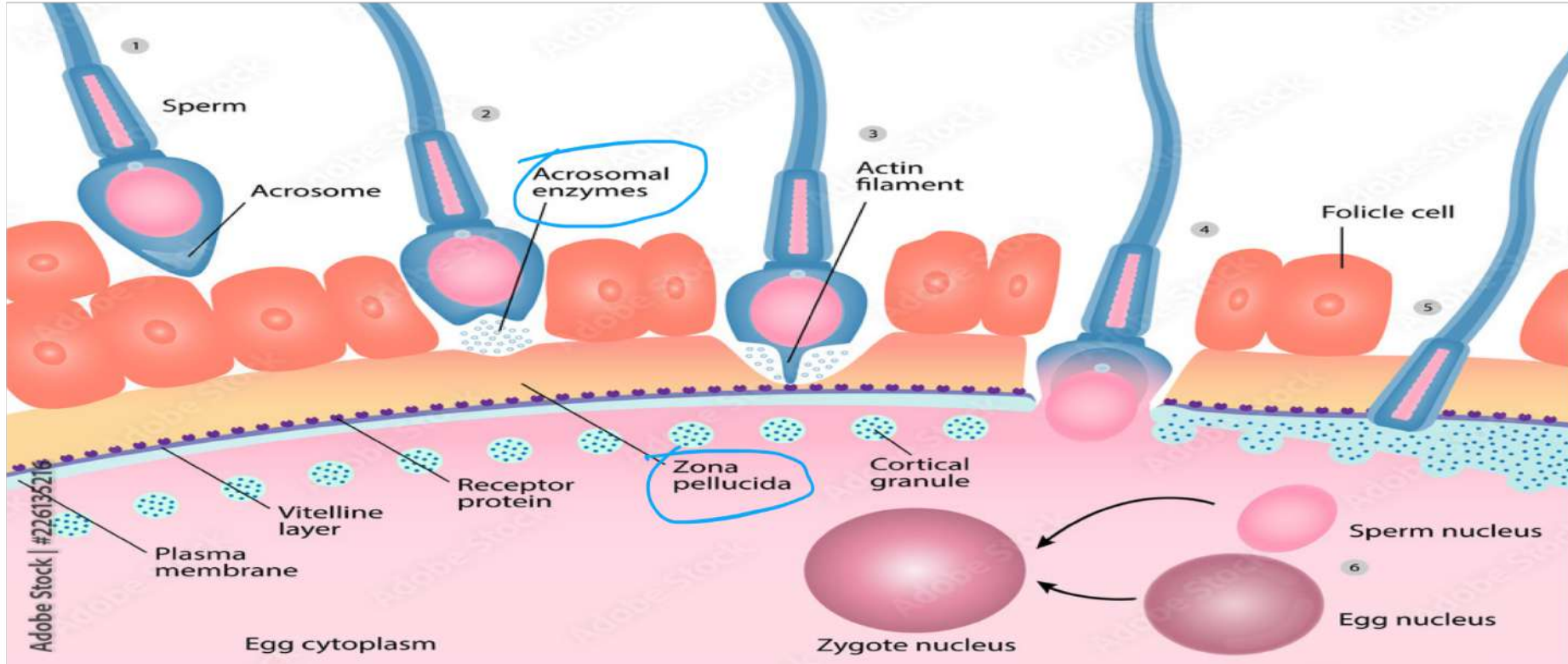


طبعا كل خصائص الhyaluronic acid والfunctions تبعته سببها الnegative charge اللي بحملها

رح يصير تنافر يسهل حركة المفاصل



موجود برأس الحيوانات المنوية، ليش؟ لانه لما يصير عندي اخصاب شو الاشبي
المحيط بالبويضة؟ رح يكون حوليها zona pellucida منطقة بتحيط
فيها، هاي المنطقة مليئة بال hyaluronic acid فحتى يتم اختراق هاي المنطقة



مهمين جداً

Function of hyaluronic acid

Joint

- It is present in **synovial fluid**. So, it acts as a **lubricant** & facilitates the **joint movement**.

- It makes **cartilage** compressible.

يتحمل الضغط

- It makes **extracellular matrix** **loose** because of its ability to **attract water**.

مفيد ل نضارة البشرة لهذا السبب

- It permits **cell migration** during **wound repair**.

رخو

انتقال

اصلاح الجرح

- It permits **cell migration** during **morphogenesis**, i.e differentiation of cells in the **form of organs tissues in the early embryo**.

- ❖ It is produced in **increased amounts** by **tumor cells**. This facilitates migration of these cells through the extracellular matrix spread of the tumor.

lubricant → بمنع الاحتكاك العظام بعضها

cartilage compressible → بخلي الغضروف قادر على تحمل الضغط - داخل الغضروف يكون ال hyaluronic وعادي بتطلع منه المي شوي وبس يروح الضغط

connective tissue موجود كمان بال

extracellular matrix → بعطيها خاصية الارتخاء ، flexibility بالحركة وهذا الاشئ رح يسمح بعبور ال cell and water ، على فرض انجرت ايش هيصير؟ ال hyaluronic acid يعطي لل extracellular matrix خاصية بتخلي الخلايا تعبر عشان يلتئم الجرح

wound repair →

morphogenesis → تشكل ال embryo رح يحتاج كثير من انتقال الخلايا من اماكن مختلفة ل اماكن مخصصة لتشكل اعضاء الجنين وال ECM حكيما انه loose يسمح بعبور ال cell

tumor cells. → مع الاسف اله شغلة مش كويسة ،مثلاً بالسرطانات يتم استغلال الخصائص الكويسة لل tumor ، بسبب ال loose ال tumor cell رح تصير تنتقل كثير وتنتشر

Hyaluronic acid

انزيم بكسر ال hyaluronic acid وفي بكتيريا
معينه بتفرزه ، رح يسمح بانتقال العدوى بسرعة

Hyaluronidase enzyme secreted by **certain bacteria** causes **destruction of hyaluronic acid**, helps **spread of infection**, so it is called **spreading factor**.
تدمير

Also, this enzyme is present in **acrosomal cap of sperms**, **invades** the **tissues of the ova** causing **destruction of hyaluronic acid** (zona pellucida around the ovum) & helps its **fertilization** by the sperms.
يغزو

اخصاب

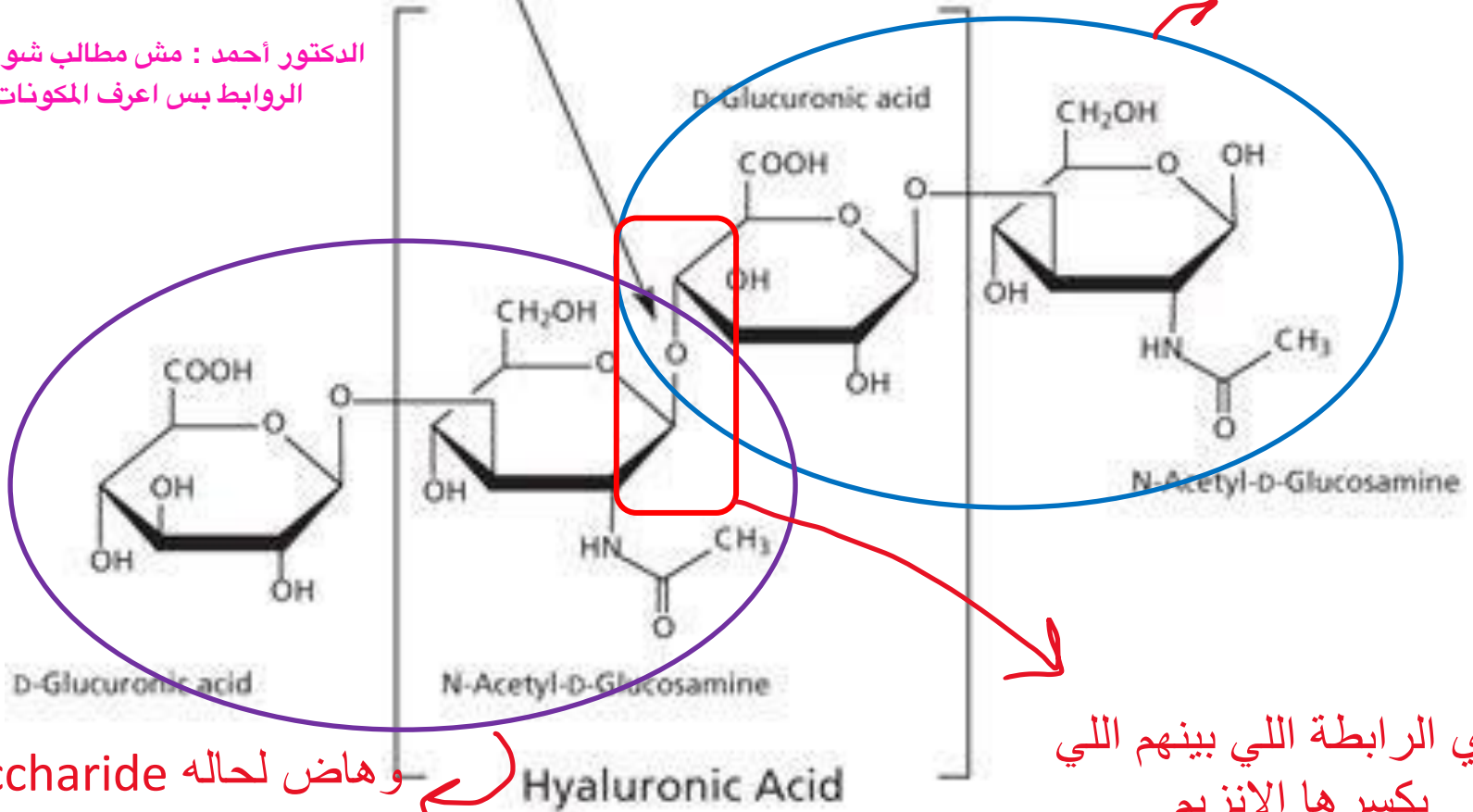
بساعد البكتيريا تعمل هضم للانسجة و حتى تفوت و تتغلل جوه الأنسجة

كيف يشتغل ال Hyaluronidase enzyme بالزبط؟ ال hyaluronic acid بتتكون من مجموعة من ال disaccharides بصير بينها روابط.. فالإنزيم بعمل على تكسير الروابط بين كل disaccharide واللي جنبه (ما بكسر رابطة ال disaccharide نفسه)

Hyaluronidase

هاض لحاله disaccharide

الدكتور أحمد : مش مطالب شو أسماء الروابط بس اعرف المكونات



وهاض لحاله disaccharide

وهاي الرابطة اللي بينهم اللي بكسرها الإنزيم

**بالhyaluronic acid كان glucosamine



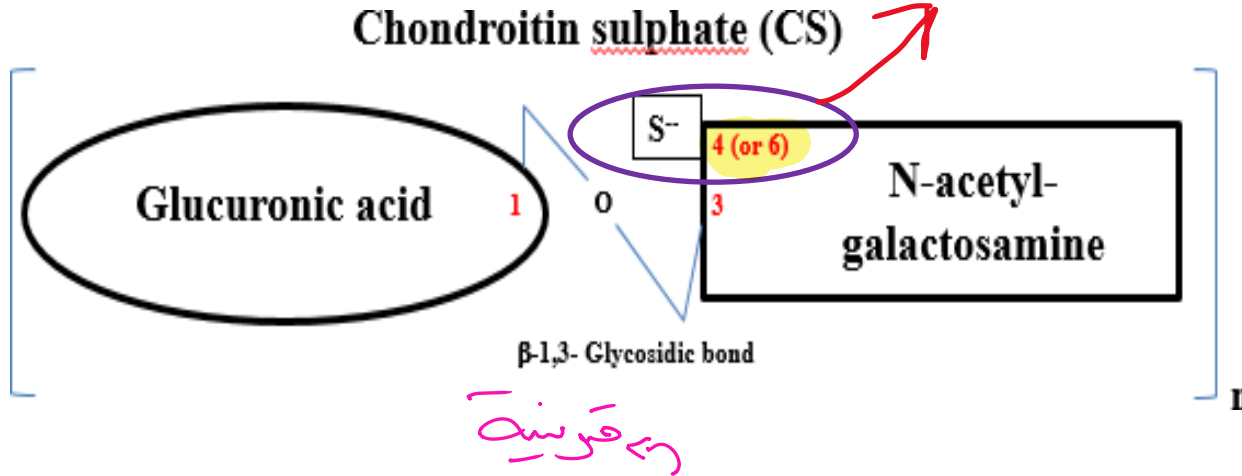
من الاسم موجود بالغضروف و هو اكثر اشبي موجود بالcartilage
ومع زيادة العمر بتقل و بسبب التهاب مفاصل

b. Chondroitin sulfate:

- The repeating disaccharide unit is **N- acetyl galactosamine sulfate & glucuronic acid.**

ال sulphate يكون على C4 او C6

في زيادة و هاد بعمل
negative charged attract اعلى
Actyle+sulphate



- It is found in cartilage, bone, cornea & other connective tissues

ال chondroitin هو أكثر GAG موجود في ال cartilage, يعني لو يبجي سؤال
"أي الآتي يتواجد في ال cartilage ف chondroitin هي الجواب, حتى لو ال Hyaluronic بالخيارات"

- The high content of chondroitin sulfate in cartilage contributes to its compressibility and **its amount in cartilage diminishes with age** which may be related to the development of **osteoarthritis.**

مع التقدم بالعمر كمية ال chondroitin رح تقل, وهو ما يؤدي لهشاشة العظام في الكبر

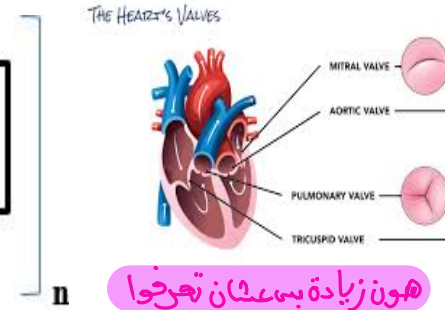
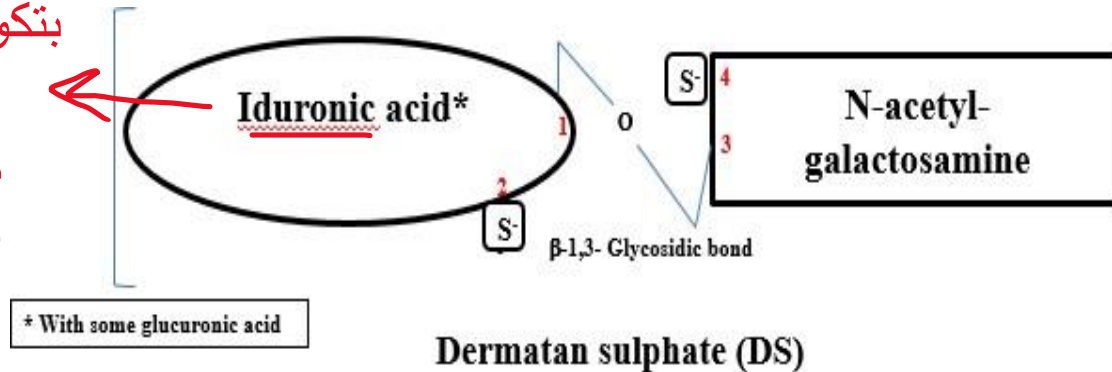
Derma = skin

C. Dermatan sulfate:

It is the major GAG in **arterial smooth muscles** and may play a role in the development of **atherosclerosis**. It is also present in skin, heart valves, cornea & sclera.

بما إنه موجود في عضلات الشرايين..
هاض يعني إنه بلعب دور في تصلب الشرايين

بتكون من Iduronic
(C5 epimer)
مع وجود بعض
الglucuronic



هون زيادة بسعثان تعرفوا
شوهه Heart valves

D. Keratan sulfate:

It does not contain any uronic acid (D-galactose + N-acetyl-D-glucosamine-6-sulfate)

*ممكن ييجي سؤال يعطيك هاي الصيغة ويعطيك 4 أو 5 مركبات يسألك أي واحد بمثلها..

ف إنت بتدور عالمركب اللي عليه amino group/acetyl group/SO3 on C6

There are two types of keratan sulfate:

القرنية لازم تكون شفافة عشان يعبر الضوء و وجود الkeratan sulfate هو اللي يعطيها شفافية

① **keratan sulfate I:** found in cornea (play a role in making it transparent)

**linked with (asparagine)

*هيك صار عنا 3 GAG بالcartilage

② **keratan sulfate II:** found in cartilage:

chondroitin/Hyaluronic/keratan

Forms complexes with chondroitin sulfate and HA

**linked with (serine)

and increases in cartilage with age

Anticoagulant مضاد تجلطات

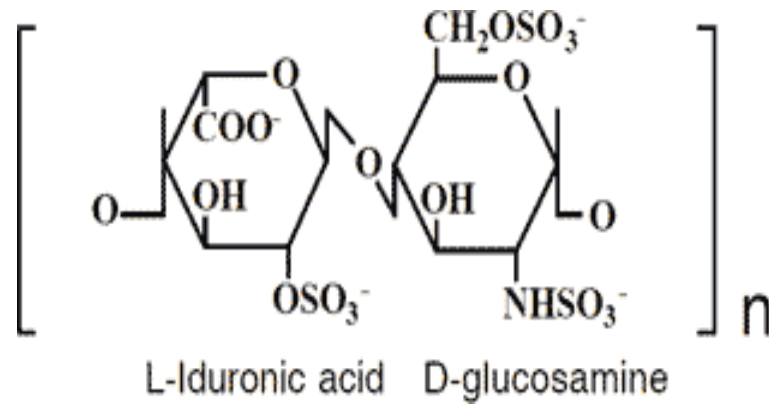
E. Heparin:

كلهم لحد
الآن
موجودين
خارج
الخلية ما
عدا
Heparin
موجود
داخل
الخلية

موجود بشكل طبيعي في جسم الإنسان.. لكن اللي بنلاقه في الصيدليات والأدوية تم استخراجها من الحيوانات حيث يتم إنتاجها في الرئتين عند الحيوانات

It is formed of sulfated glucosamine & sulfated glucuronic acid or sulfated L-iduronic acid

(**little GlcUA residues and many IdUA residues**).



يستخدم طبيا ضد الجلطات (coagulation/clotting)

ال L iduronic موجود بنسبة أكبر.. (بس بسبب وجود النوعين بعض الكتب اعتبرت ال heparin من ال tetrasaccharides لانه صار عندي نوعين من ال disaccharides)

It differs from other GAGs in that it is mostly found in cells (granules of mast cells and basophils) rather than in connective tissue matrix.

الوحيد بين ال GAG اللي بتواجد داخل الخلايا (تواجده خارجها قليل), يكون موجود بال Mast cells, وتركيزه في الدم قليل جدا

Its concentration in blood is very low.

حطاي
المطاعة

مضاد جلطات

☀ It is anticoagulant by:

☀ **activation of antithrombin III**

هو عبارة عن protein إذا اشتغل بعمل على تعطيل عمل إنزيمات أخرى بتعمل تجلط فهو بوقفها

☀ **Antithrombin (AT) is a small protein molecule that inactivates several enzymes of the coagulation system) which inactivates thrombin (serine protease that converts soluble fibrinogen into insoluble strands of fibrin),** **مو منيخ هاد الإنزيم يكون بكميات كبيرة**

لا اله الا الله
الله اعلم
بما فيه

☀ **Binding and inactivating factors IX & XI.**

كمان ال Heparin بعمل تعطيل لعوامل التخثر

← عبارة عن lipids يرتبط فيها protiens

☀ It releases lipoprotein lipase “attached to the luminal surface of endothelial cells in capillaries “ & activates it. lipoprotein lipase **digests plasma lipids** leading to clearing of plasma, so heparin & lipoprotein lipase are called **clearing factors**.

بخلي البلازما قريبة من اللون الأبيض و بزيد من إمكانية حدوث جلطات ف ال Heparin بشغل إنزيم lipoprotein lipase بهضم ال lipoprotein

ليش بروتين؟ لانه البروتين بسهل حركته بالدم
lipoprotein → lipid + protein

ال heparin بيحرر ال Lipoprotein lipase
ال lipase انزيم يهضم ويكسر ال lipid

مثلاً لو اكلنا لحمه بعد ساعة رح نشوف الدم او ال plasma
عكرة، مش صافي بسبب ال lipid وبعد كم ساعة بترجع
البلازما لونها الصافي لانه الانزيم كسر الدهون

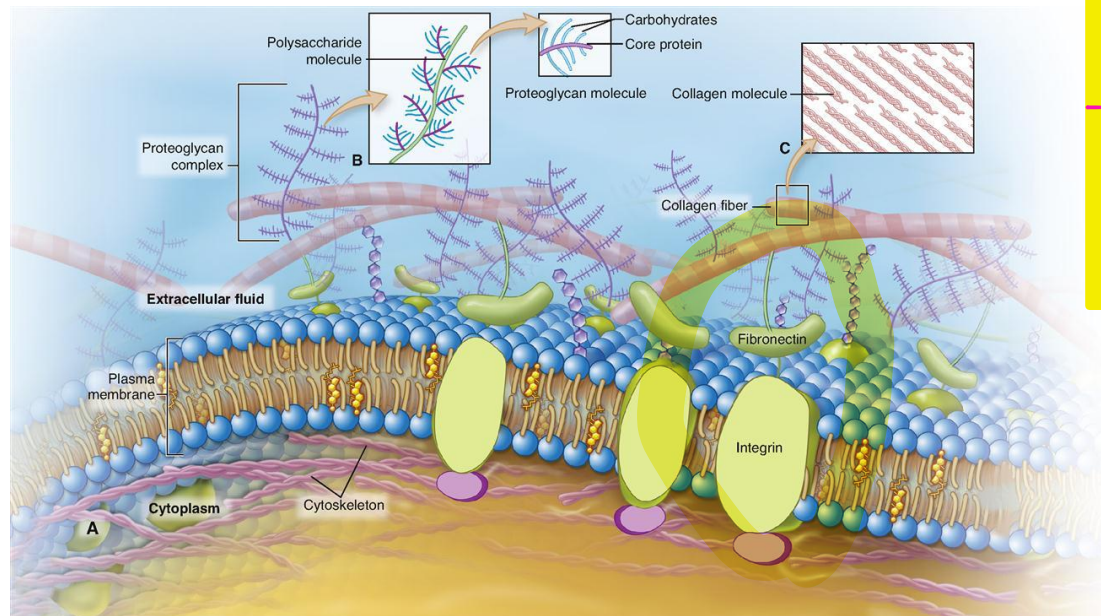
F. Heparan sulfate:

❑ It differs from heparin in ^①the amount of uronic acid and the ^② sulphate attached to glucosamine:

- ❑ It contains more glucuronic acid
- ❑ It contains less sulphated glucosamine

كل proteoglycan GAGs ما عدا الhyaluornic acid

❑ It is present in the form of a **proteoglycan** on the surface of many cells with the core protein forming an integral protein of the plasma membrane of the cells



Glycoprotein

الأساس بروتين
و مرتبط فيه
شوية
كربوهيدرات

Proteoglycan

الأساس
كربوهيدرات و
مرتبط فيه شوية
بروتينات

□ **It is related to cell-cell interaction as well as attachment of the cell to the surrounding medium (cancer metastases)**

في تواصل بين الخلايا حتى يصير اكثر من وظيفة و تغيير للخلايا الي بعزز التواصل hepran sulfate الي موجود على صورة proteoglycan وإذا تعطل رح يصير عندي خلايا سرطانية

□ **In the capillaries, its -ve charge helps reduce permabilty to -ve charged plasma proteins**

بروتينات البلازما شحنتها سالبة و هاد الاشبي بخلي صعب أي أيون يعبر الغشاء البلازمي بالتالي النفاذية قليلة

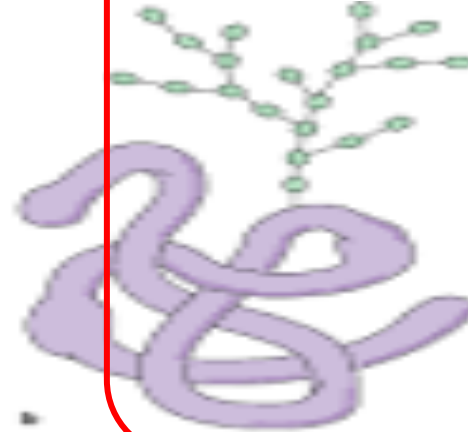
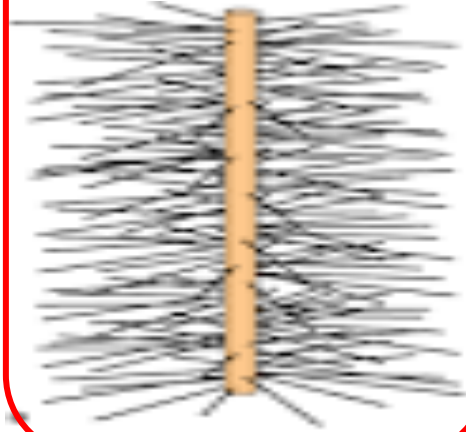
Heparan sulfate

في tumor معينه فيها heparan sulfate اقل هذا سببلي انتقال ال tumor لانها خسرت التصاقها مع cells لانه حكينا ال heparan sulfate الها خاصية انه تخلي الخلية ثابتة بالوسط اللي فيه ،يعني تضل محافظة على مكانها يعني بتعطيها قدرة على ال adhesiveness والثبات بمكانها ،،طيب هال tumor فيها heparan sulfate قليل شو هيصير ؟ بالتالي الخلية عندها قدرة على التحرك من مكانها والانتقال والانتشار وتشكل خلايا سرطانية

- Some tumor cells have **less heparan sulfate** on their surface, which may explain the **lack of adhesiveness** of these cells **to the surrounding medium** and their ability to **metastasize**. **ورم خبيث**

Proteoglycans and glycoproteins

شكلها كالتالي..
ويتكون عبارة عن
core protein
بالمركز وبتتجمع
حولها سلاسل
الGAG



شكلها كالتالي..
ويتكون عبارة عن
conjugated protein
ومتصل فيها
oligosaccharide
chains

With the exception of hyaluronic acid , all GAGs contain a sulfate and are covalently linked to a core protein , forming a proteoglycan monomer. The protein forms only about 5%of the molecule.

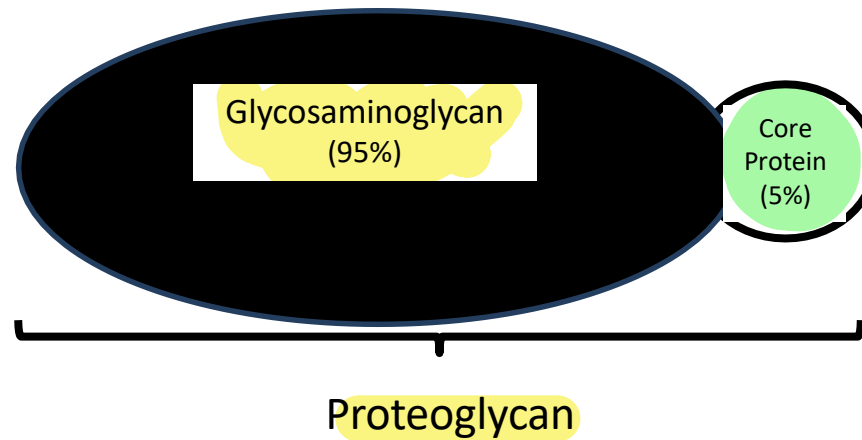
A glycoprotein is a conjugated protein containing one or more oligosaccharide chains, lacking a serial repeat units covalently attached to its polypeptide chain.

	Proteoglycans	Glycoproteins
Protein content	Up to 5%	More than 5%
Carbohydrate content	95 %	1- 85 %
Type of Carbohydrate Present	GAGs	Oligosaccharide chain: - No uronic acids -No repeating disaccharide units

الدكتور : مش مطالبين بهاد الكلام بس اعرف
الstructure

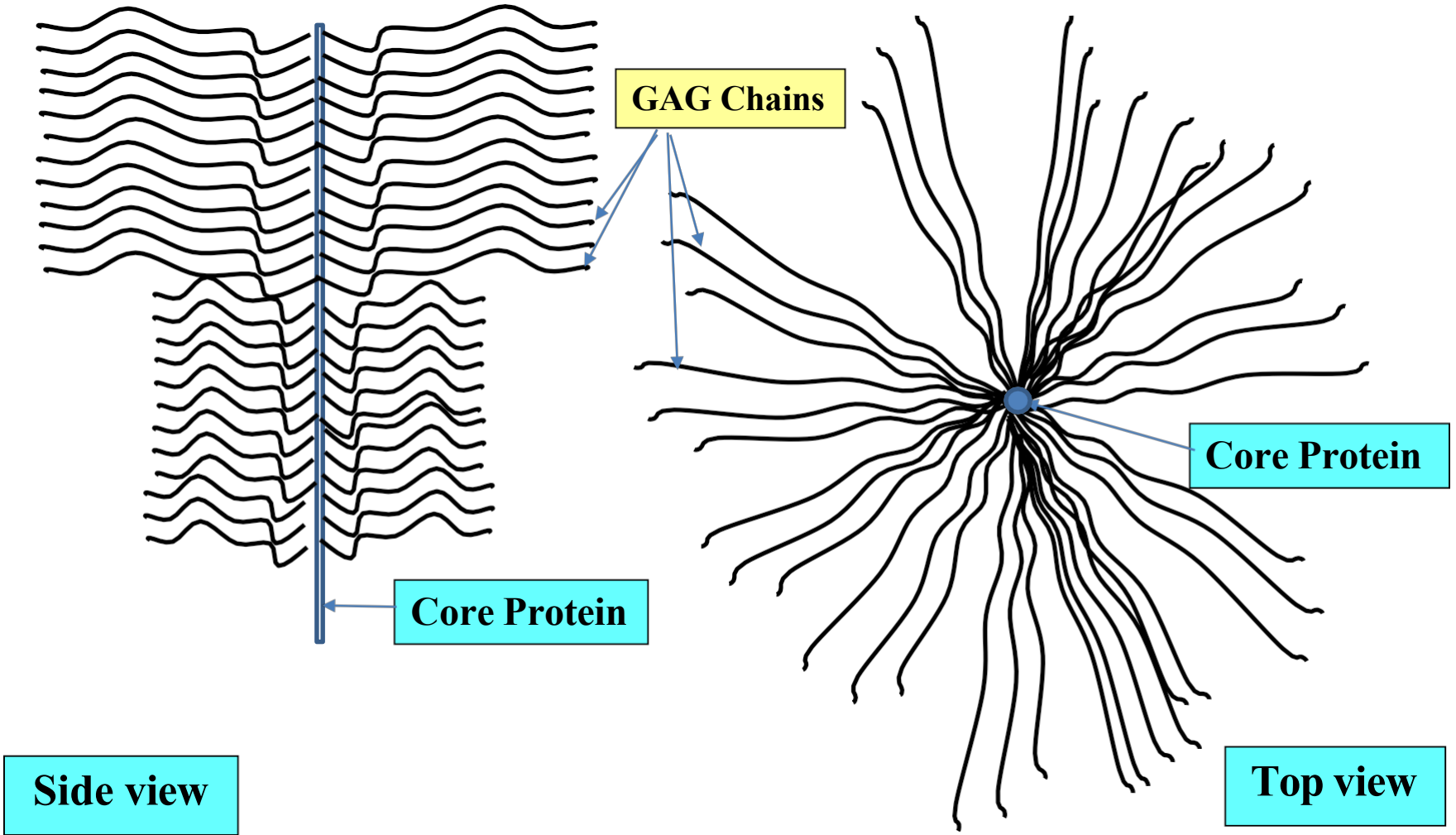
If carbohydrate content:
Less than 10% → Glycoprotein
More than 10% → mucoprotein

Hetero-polysaccharides, e.g., **glycosaminoglycans** (GAGs) are **complex molecules** formed of long chains of repeated units of two derived carbohydrate monomers attached to a protein molecule to **constitute proteoglycan monomers**. The monomers aggregate into complex forms as shown below.



الـ GAG بتتواجد على شكل **complex molecules** بسميها **proteoglycan monomers**

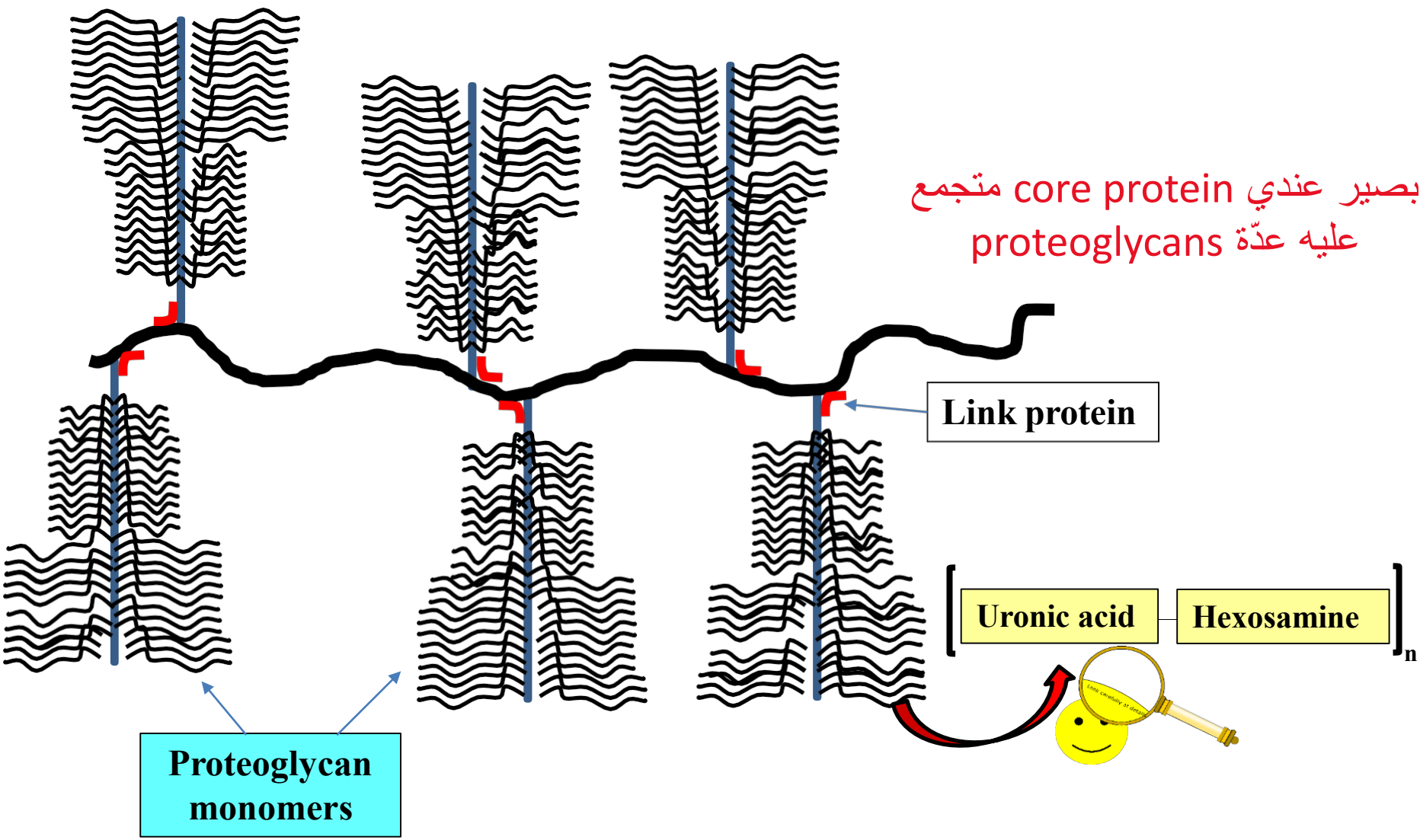
Proteoglycan monomer: is composed of a core protein attached to many **linear chains** of GAGs (e.g., 100 chains in cartilage proteoglycan) by **O-glycoside bonds between the amino-acid serine on the protein and xylose**. Each chain is made of up to 200 di-saccharide units, extending from the core protein. More realistic depiction is presented on the next two slides.

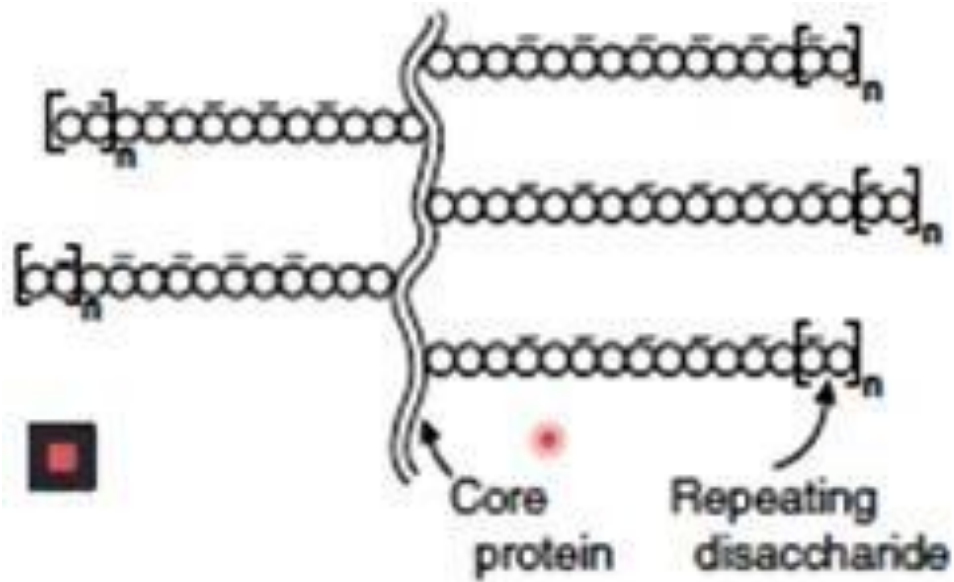


Proteoglycan Monomer (Bottle-brush Model)

GAG Chains are composed of [(sugar acid)-(acetylated ± sulphated amino-sugar)]_n

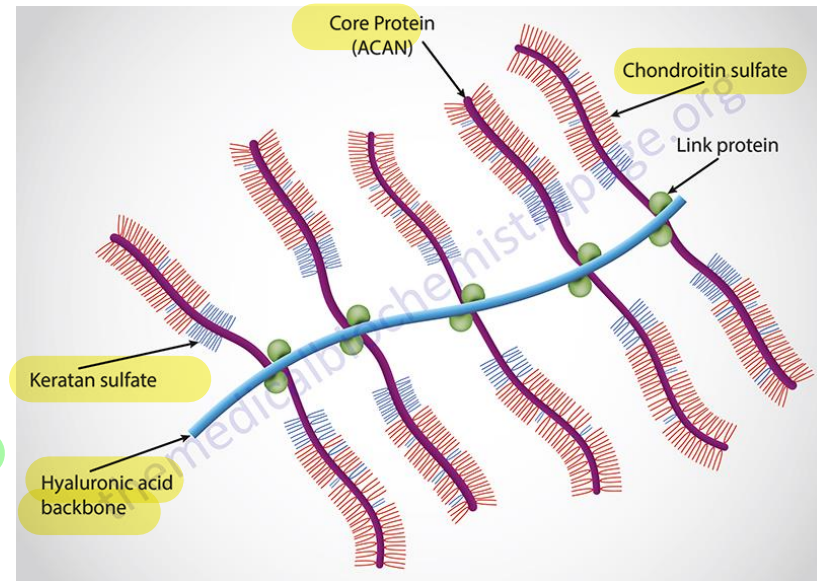
Proteoglycan Aggregate Taking a Three-Dimensional Orientation





Aggrecan

أي proteoglycan موجود بال غضاريف
بسميه Aggrecan



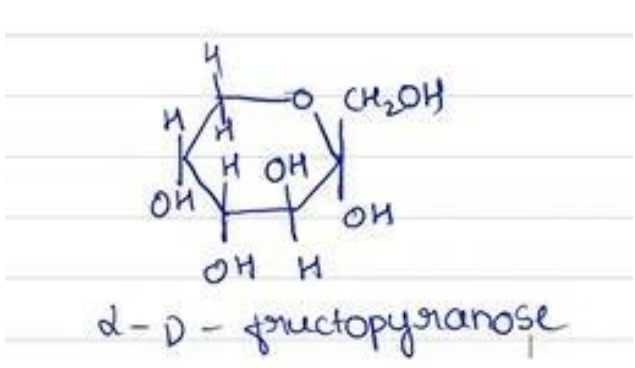
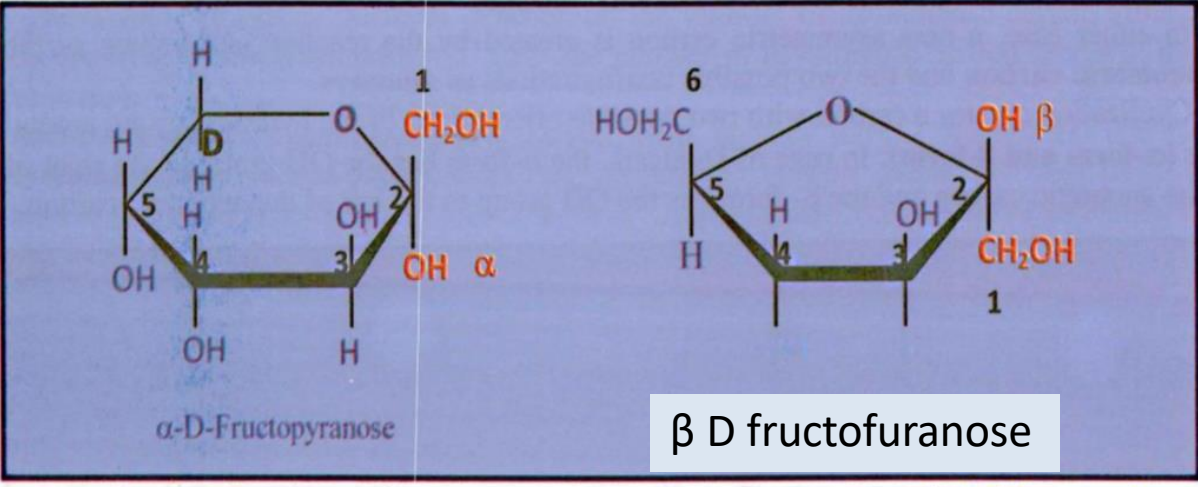
- Proteoglycan present in cartilage
- Made of HA, chondroitin sulfate and keratan sulfafe
- GAGs repel each other due to negative charge
حكيانا GAGs مشحونة بشحنة سالبة نتيجة ال sulfating
فهاي الشحنة السالبة السبب يكون تنافر بين ال GAGs
- Changes with age (associated with osteoarthritis):

- Amount of chondroitin sulfate is



- Amount of HA and keratin sulfate increases

لا تدخل بالتفاصيل هاي المحاضرة ركز على المحاضرات
الي قبل اكثر



هون طالب من وريد سال الدكتور كيف بقدر يميز بين الكربوهيدرات إذا كان D او L في ال Fructofuranose

هون بنطلع على subterminal carbon و هي الخامسة على اليسار OH و إذا يمين D

