الدهون

Lipids

الشحوم مركبات كيميائية غير متجانسة تتوافق على الخصائص الفيزيائية أكتر من توافقها على الخصائص الكيميائية

الأهمية الحيوية للشحوم :

١. عمل كعازل حراري حول العديد من أعضاء الجسم ، ومثال ذلك النسيج الشحمي تحت الجلد ، والنسيج المحيط ببعض الأحشاء كالكليتين .

٢. تعمل كعازل ميكيانيكي .

٣. تعمل كعازل كهربائي ، وأبرز مثال على ذلك الأعصاب المغمدة بالنخاعين الذي يقوم بعزلها عما جاورها ، ويسرع نفاذ السيالة العصبية فيها .

٤. تدخل في بنية المادة الحية ، وبخاصة في بنية الغشاء الخلوي، وأغشية المتعضيات الخلوية كافة ، وتزداد نسبة المكونات الشحمية في بعض النسج ، كالنسيج العصبي .

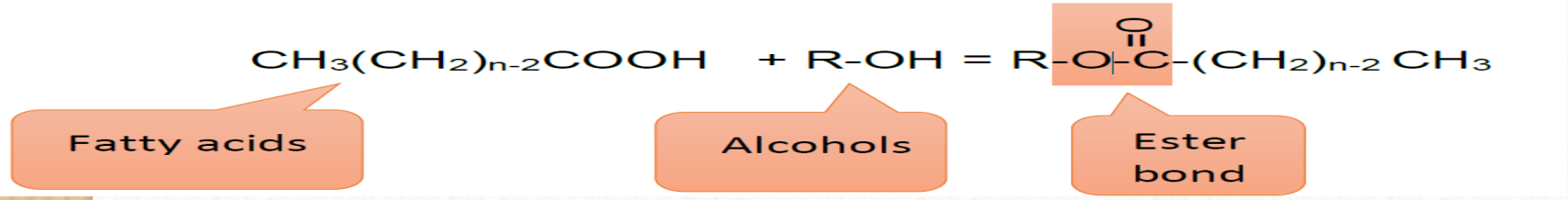
٥. تعد مصدراً للعديد من المركبات الهامة للجسم على سبيل المثال :

- تشكل االحموض الدسمة الضرورية اوالأساسية طلائع لهرمونات موضعية .

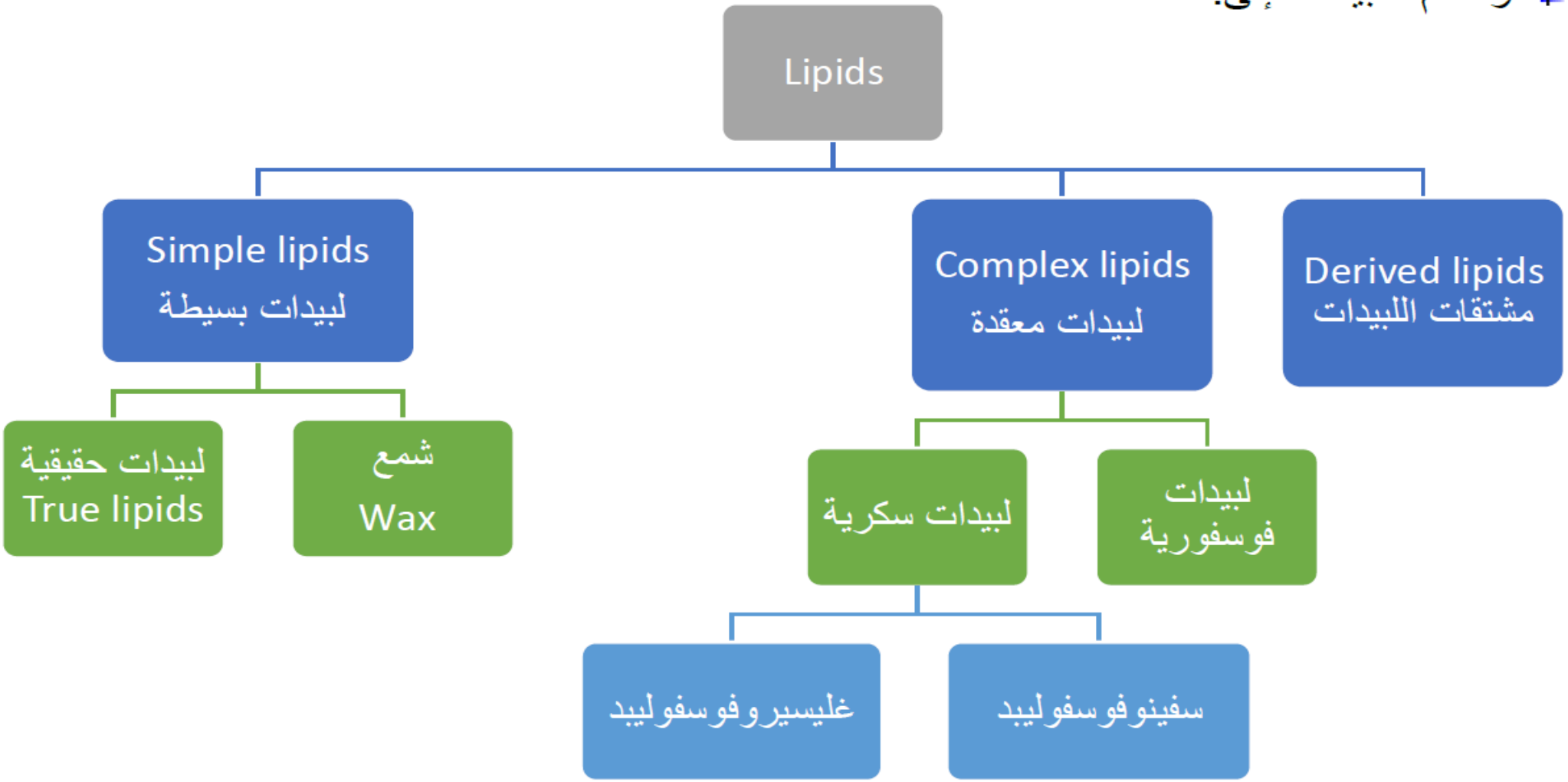
٦. الكولسترول طليعة للهرمونات ، وبخاصة الهرمونات الجنسيةو الفيتامين د و الحموض والأملاح الصفراوية .

٧. من أهم مصادر الطاقة في جسم الإنسان فكل ١غ من الشحميات يعطي ٩ كيلو كالوري / مول ، في حين أن غراماً واحداً من السكريات أو البروتينات يعطي ٤ كيلو كالوري / مول فقط من الطاقة .

تعريف هي استرات لأحماض دسمة مع الكحول



وتقسم الليبيدات إلى:



اللبيدات البسيطة Simple lipids

- هي استرات لأحماض دسمة مع الكحولات، وتبعاً للكحول المرتبط بالأحماض الدسمة تقسم إلى:
  ١. لبيدات حقيقية
  ٢. شمع.
- اللبيدات الحقيقية: الدهون
  يكون فيها الكحول المرتبط مع الأحماض الدسمة ذو وزن جزيئي منخفض
  مثل : الغليسرول Glycerol

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array}$$

الغليسيرول

- الشمع:
  يكون فيه الكحول المرتبط مع الأحماض الدسمة ذو وزن جزيئي مرتفع

$$CH_3(CH_2)_{14}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-(CH_2)_{28}-CH_3$$

Palmitic acid — 1-Triacontanol

شمع إستر بالماتيك.

كحول أحادي الهيدروكسيل ذو وزن جزيئي مرتفع + حمض دسم طويل السلسلة

وبالتالي فإن الليبيدات الحقيقية تختلف عن بعضها البعض باختلاف الحمض الدسم المرتبط مع الغليسرول. فالقليل منها يحتوي على نفس الحمض الدسم في المواقع الثلاثة ومعظمها تكون غير متجانسة تحتوي على أكثر من نوع من الحموض الدسمة

الوظيفة الرئيسية : تعمل كشحوم ادخارية في الخلايا الدهنية (النسيج الشحمي – تحت الجلد والغدد الثدية)

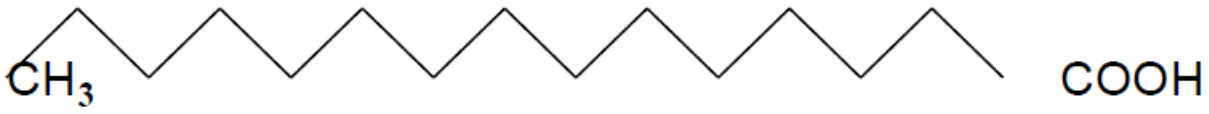
الأحماض الدسمة Fatty acids

بما أن الحموض الدسمة هي المكون الأساسي للشحوم البسيطة والمعقدة سنبدأ بدراستها أولاً

الصيغة الإجمالية

- تتميز الأحماض الدسمة بأن لها صيغة عامة $CH_3(CH_2)_{n-2}COOH$ حيث أن n هو عدد ذرات الكربون الكلية في الحمض.

الصيغة المنشورة



بنية الحمض الدسم : يتألف الحمض الدسم من جزئين:

أ- رأس (قطب) محب للماء ، وهو زمرة كربوكسيلية COOH .

ب- ذيل (قطب) كاره للماء ، وهو عبارة عن سلسلة هيدروكربونية تنتهي بالمتيل CH_3 .

وبما أن معظم بنية الحمض كارهة للماء (بسبب وجود الزمر الميتيلينية CH_2 غير المتشردة أو غير المحبة للماء) فإن الحمض الدسم كاره للماء ، وغير قابل للانحلال فيه .

و قد توجد الحموض الدسمة بشكل حر في المصل ، ولكن بكميات قليلة جداً .

ذرات الكربون : غالباً ما يحتوي الحمض الدسم على عدد زوجي من ذرات الكربون ، ويتراوح عدد ذرات الكربون في الحمض الدسم من ٢-٣٠ ذرة كربون ، وهناك بعض الحموض الدسمة التي تحتوي على عدد فردي من ذرات الكربون وهي نادرة الوجود في الطبيعة و في جسم الإنسان .

وترقم ذرات الكربون بدءاً من الزمرة الكربوكسيلية ، فيأخذ كربونها الرقم ١ ، وينتهي الترقيم بكربون الزمرة المتيلية ، فمثلاً لو كان لدينا حمض دسم يحتوي على ١٨ ذرة كربون ، لأخذ كربون الكربوكسيل الرقم ١ ، وكربون المتيل الرقم ١٨ .

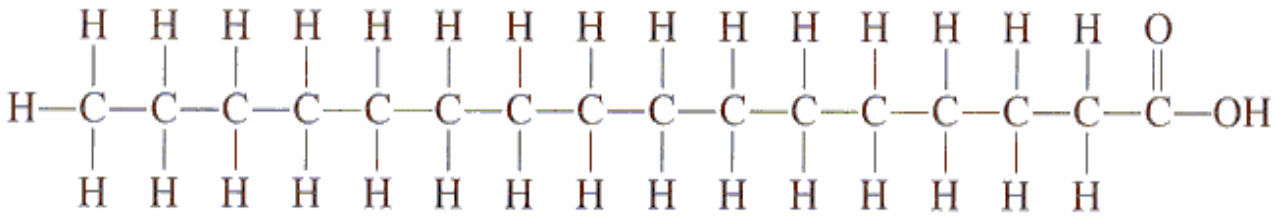
تصنف الأحماض الدسمة حسب: عدد ذرات الكربون – درجة الاشباع – الأهمية البيولوجية

أولاً: حسب عدد ذرات الكربون في الحمض الدسم : قصيرة – متوسطة – طويلة

- (أستيك أسيد) حمض الخل (2c) : Acetic acid
- (بيوتريك أسيد) حمض الزبدة (4c) : Bioteric acid
- (كابريلينك أسيد) (10c) : Caprelinic acid
- (لوريك اسيد) حمض الغار (12c) Loric acid
- (ميرستيك أسيد) جوز الهند (14c) Meristic acid
- (بالمتيك أسيد) حمض النخيل (16c) Palmitic acid
- (ستياريك أسيد) حمض الشمع (18c) Stearic acid
- (أراشيديك أسيد) زيت الفستق 20c) Arachidic acid

حمض كابرويك (6c) : Caproic acid

زيت فستق العبيد (8c) : Caprelic acid



Hexadecanoic acid (palmitic acid)

تصنيف الحموض الدسمة : تصنف بحسب نوع الروابط فيها إلى :

١. حموض دسمة مشبعة Saturated fatty acids ، جميع الروابط فيها مشبعة بسيطة(أحادية) .

٢. حموض دسمة غير مشبعة Unsaturated ، تحتوي على روابط غير مشبعة مزدوجة(مضاعفة) ، وهذه بدورها تقسم إلى :

- وحيدة اللاشباع Monounsaturated ، تحتوي على رابطة مضاعفة واحدة بالاضافة للروابط البسيط
  - Olic acid (18:1:9) حمض الزيت
- متعددة عديدة اللاشباع Polyunsaturated ، تحتوي على عدة روابط مضاعفة بالاضافة للروابط البسيطة.
  - Linoleic acid (18:2:9-12) الكتان
  - Linolinic acid (18:3:9-12-15) القنب
  - Arachidonic acid (20:4:5-8-11-14)

من أهم الحموض الدسمة المشبعة:.

- حمض الميريستيك (حمض جوزة الطيب Myristic) : ١٤ ذرة كربون .
- حمض النخل (البالمتيك Palmitic) : ١٦ ذرة كربون .
- حمض الشمع (الستياريك Stearic) : ١٨ ذرة كربون.
- حمض الليغنوسيريك Legnoceric : ٢٤ ذرة كربون .

- **الحموض الدسمة غير المشبعة**

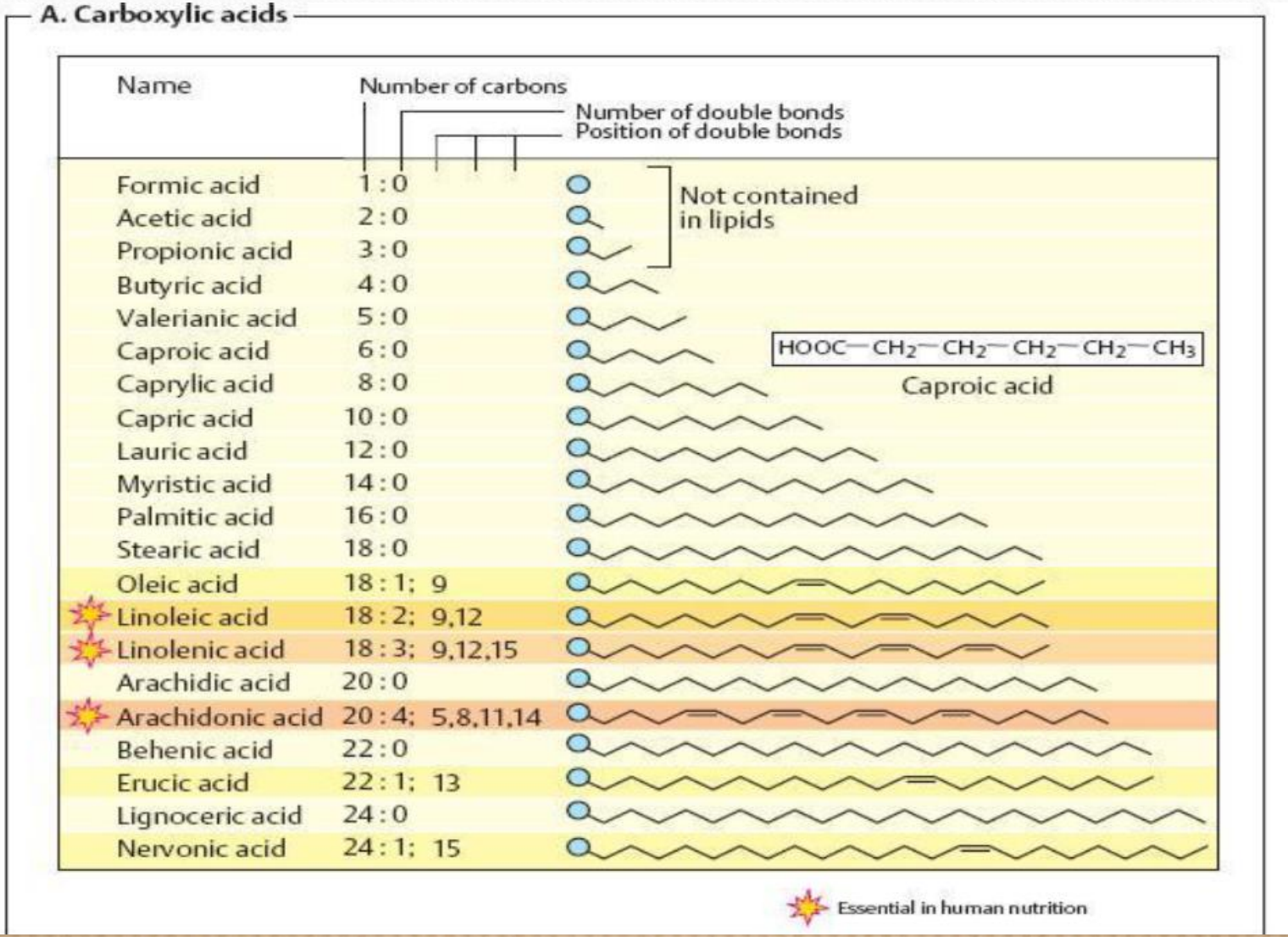
أ . الحموض الدسمة أحادية اللاشباع ، معظمها من النوع المقرون :

- حمض الأوليئيك (حمض الزيت Oleic) : ١٨ : ١ ؛ ٩ .
- حمض الإلايديك (حمض الزيتون Elaidic) : ١٨ : ١ ؛ ٩ . (مفروق) ..

ب . الحموض الدسمة عديدة اللأشباع (الضرورية):

- حمض اللينوليئيك (حمض زيت الكتان Linoleic) : ١٨ : ٢ ؛ ٩ . ١٢ .
- حمض اللينولينيك (حمض بذر الكتان Linolenic) : ١٨ : ٣ ؛ ٩ . ١٢ . ١٥ .
- حمض الأراكيدونيك (حمض الفستق السوداني Arachidonic) : ٢٠ : ٤ ؛ ٥ . ٨ . ١١ . ١٤ ، يسمى أيضاً حمض الأراشيدونيك .

الجدول الاتي يوضح الصيغ العامة والتفصيلة للحموض الدسمة:



Number of carbons	Common name	Systematic name	Structure	Melting point °C
Saturated				
12	lauric acid	dodecanoic acid		44
14	myristic acid	tetradecanoic acid		58
16	palmitic acid	hexadecanoic acid		63
18	stearic acid	octadecanoic acid		69
20	arachidic acid	eicosanoic acid		77
Unsaturated				
16	palmitoleic acid	(9*Z*)-hexadecenoic acid		0
18	oleic acid	(9*Z*)-octadecenoic acid		13
18	linoleic acid	(9*Z*,12*Z*)-octadecadienoic acid		−5
18	linolenic acid	(9*Z*,12*Z*,15*Z*)-octadecatrienoic acid		−11
20	arachidonic acid	(5*Z*,8*Z*,11*Z*,14*Z*)-eicosatetraenoic acid		−50
20	EPA	(5*Z*,8*Z*,11*Z*,14*Z*,17*Z*)-eicosapentaenoic acid		−50

بعض العوامل المؤثرة في سلسلة الحمض الدسم :

- الإشباع : فوجود الروابط غير المشبعة يؤدي إلى انطواء السلسلة ، ويزداد الانطواء بزيادة عدد هذه الروابط .
- الحرارة : فارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تقصير طول السلسلة سواء أكانت مشبعة أم غير مشبعة ، وذلك لأن ارتفاع الحرارة ينقص الزوايا فيما بين الروابط (خاصة فيزيائية تؤثر في الصفة الكيميائية) .

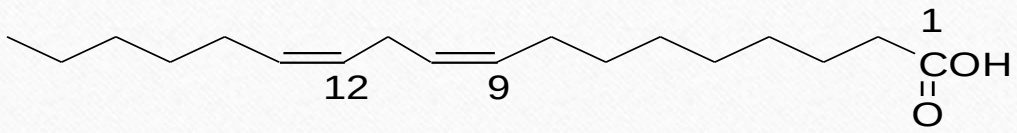
ترميز الحمض الدسم : يمثل الحمض الدسم بكتابة عدد ذرات الكربون متبوعة بنقطة في الحموض الدسمة المشبعة ، أما في الحموض الدسمة غير المشبعة ، فيمثل بكتابة عدد ذرات الكربون متبوعة بنقطتين ، نكتب بعدها عدد الروابط غير المشبعة ، وبعدها فاصلة منقوطة ، ومن ثم نكتب أرقام ذرات الكربون التي تبدأ عندها الروابط غير المشبعة ، ونفصل بينها بنقط .

مثال : حمض الزيت (حمض الأوليئيك oleic) ، صيغته $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$.

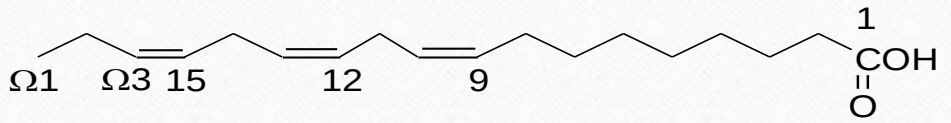
نبدأ الترقيم من ذرة كربون الكربوكسيل ، وهكذا تكون ذرة الكربون الأولى في الرابطة المضاعفة هي ذرة الكربون ٩ ، ونرمز الحمض على الشكل .9 ; 1 : 18 أو ١٨ : ١ ؛ ٩ .

التسمية الأوميغا W : وتعتمد هذه التسمية على البدء بتسمية الحمض اعتبارا من CH3 للحمض الدسم وهي خاصة فقط بالحموض الدسمة الغير مشبعة وبالتالي من هنا كان لدينا الأوميغ 6 و 3 ..... الخ.

الرقم ١٨ يشير إلى عدد ذرات الكربون
الرقم ٢ يشير إلى عدد الروابط المضاعفة
الرقم ٩–١٢ يشير إلى مكان وجود الرابطة المضاعفة بعد ذرة الكربون ٩ و١٢



Linoleic acid
cis-9,12-Octadecadienoic aicd, 18:2($\Delta^{9,12}$)



ALA
α-Linolenic acid

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأحماض الدسمة

١- . الانصهار : تتناسب درجة انصهار الحمض الدسم مع :

أ- درجة الإشباع ، فتزداد درجة الانصهار بزيادة درجة الإشباع ، وتقل بزيادة درجة عدم الإشباع .

ب- عدد ذرات الكربون ، حيث تزداد درجة انصهار الحمض الدسم بزيادة عدد ذرات الكربون .

. نتيجة : تكون الحموض الدسمة سائلة ، إذا احتوت على عدد قليل من ذرات الكربون ، أو عدد كبير من الروابط غير المشبعة ، أو كليهما معاً .

فمثلاً : في زيت الزيتون يكون ٨٠% من الحموض الدسمة الداخلة في تركيبه لا مشبعاً ، و ٢٠% منها مشبعاً ، وينتج عن ذلك أن زيت الزيتون مادة سائلة .

أما في دهن البقر ، فيكون ٥٤% من مكوناته مشبعة ، و ٤٦% منها غير مشبع ، لذلك يكون هذا الدهن صلب القوام ومن ناحية أخرى فإن الزبدة تتشكل من حموض دسمة لا يتجاوز عدد ذرات الكربون الداخلة في تركيبها ٤-١٠ ذرات ، لذلك يكون قوامها رخواً في درجة حرارة الغرفة (أما في البراد فتكون صلبة بسبب انخفاض درجة الحرارة بشكل كبير .

- ☒ الأحماض الدسمة المشبعة تكون صلبة في درجة الحرارة العادية
- ☒ الأحماض الدسمة غير المشبعة تكون سائلة في درجة الحرارة العادية وتزداد صلابة بنقصان عدد الروابط غير المشبعة وزيادة عدد ذرات الكربون.

2 . الدوران : إن وجود الرابطة المضاعفة يعطي الحموض الدسمة إمكانية الدوران حول هذه الرابطة .

مثال توضيحي : لدينا الحمض الدسم الغير المشبع التالي والمحتوي على ١٨ ذرة كربون و :

هناك طريقتان لتوضع شطري الحمض حول الرابطة المضاعفة ، وفي كل طريقة سوف نحصل على مركب مختلف تماماً عن الآخر ، فإذا توضع الشطران بنفس الجهة بالنسبة للرابطة حصلنا على الشكل المقرون Cis ونكون أمام حمض الزيت ، أما إذا توضع الشطران في جهتين مختلفتين بالنسبة للرابطة ، فإننا نحصل على الشكل المفروق Trans ونكون أمام حمض الزيتون (حمض الإيلايديك Elaidic) ، تكون جميع الحموض الدسمة الطبيعية اللامشبعة من النوع المقرون ، حيث تكون الجزئيات منحنية بزاوية ١٢٠ درجة عند الرابطة المضاعفة ، لذلك يكون لحمض الزيت الشكل L ، بينما يبقى حمض الزيتون بشكل مستقيم عند الرابطة المضاعفة المفروقة ، وارتفاع عدد الروابط من النوع المقرون يعطي الجزئية الشكل الفراغي U كما هو في حمض الاراكيدونيك ، من جهة اخرى توجد الروابط المفروقة في اغذية معينة ، و كل ذلك موضح في الأشكال التالية :

3 . الهدرجة : نستطيع التخلص من اللاشباع في الحموض الدسمة بهدرجتها ، ويستفاد من ذلك صناعياً في تحضير السمون المهدرجة ، علماً أن الهدرجة تزيد من صلابة الدسم لأنها تزيد درجة الإشباع .

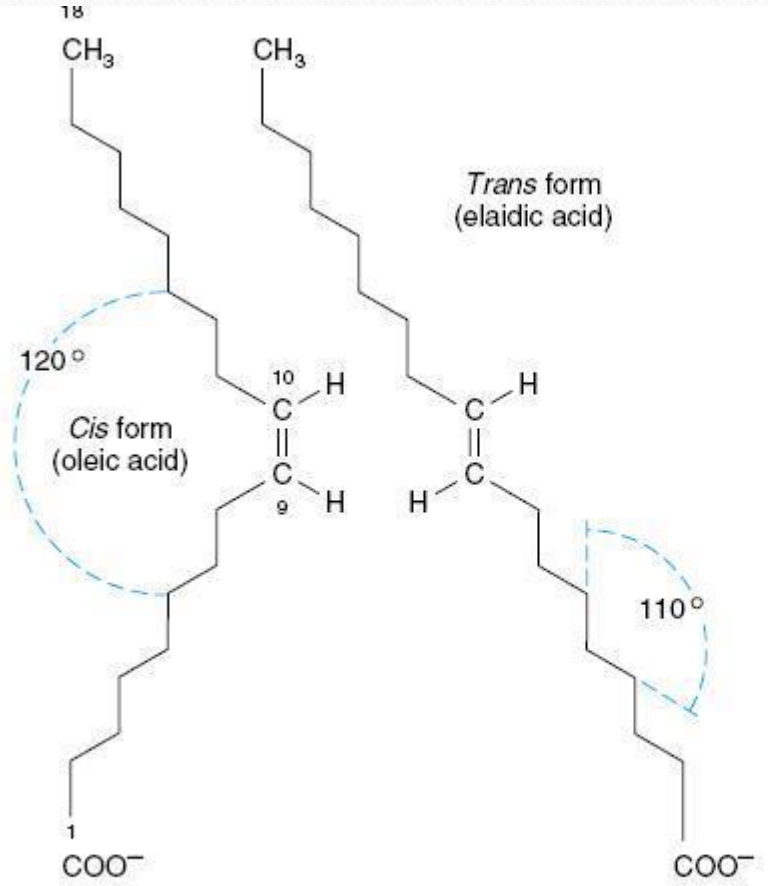


Figure 14–5. Geometric isomerism of Δ^9, 18:1 fatty acids (oleic and elaidic acids).

ثالثاً : تقسم الأحماض الدسمة حسب الأهمية البيولوجية Biological importance إلى:

١. أحماض دسمة ضرورية Essential F.A:

وذلك لأن الجسم لا يستطيع صناعتها ويحصل عليها من خلال المواد الغذائية وتضم الأحماض الدسمة غير المشبعة المتعددة.

٢. أحماض دسمة غير ضرورية Non-essential F.A:

وذلك لأن الجسم يقوم بصناعتها وتضم كل الأحماض الدسمة المشبعة وغير المشبعة الأحادية.

٣. أحماض دسمة تكون أحيانا ضرورية وأحيانا اخرى غير ضرورية Relatively essential :

إذا تواجدت المادة الخام لصناعتها يقوم الجسم بتصنيعها وتعتبر غير ضرورية, أما إذا لم تتواجد المادة الخام فلا يستطيع الجسم تصنيعها وتعتبر ضرورية ويجب تناولها مع المواد الغذائية

ومثال ذلك: حمض الأراشيدونيك Arachidonic acid وهو حمض دسم غير مشبع يحوي أربع روابط مضاعفة غير مشبعة يتم تصنيعه اعتباراً من حمض اللينوليك Linoleic acid فإذا تواجد حمض اللينوليك يقوم الجسم بتصنيع حمض الأراشيدونيك هذا ويتم الحصول على حمض اللينوليك من الغذاء المتناول فإذا تم تناوله يصبح الأراشيدونيك غير ضروري وإذا لم يتم تناول حمض اللينوليك بالغذاء يصبح حمض الأراشيدونيك ضروري ويجب تناوله... وهكذا.

Triacyl glyceride(TAG) :ثلاثي أسيل غليسريد- الغليسريدات الثلاثية

- هي أسترات لثلاث أحماض دسمة مع غليسرول والمعروفة بثلاثيات الغليسيريد أو ثلاثيات الشحميات
- وتعتبر مكونات للدهون الادخارية أو المخزونة في الخلايا النباتية والحيوانية بالإضافة لذلك فهي جزيئات لا قطبية غير منحلة بالماء (كارهة للماء)لأنها لا تحتوي على زمرة مشحونة كهربائيا أو زمرة وظيفية عالية القطبية.

❖ يقسم ثلاثي أسيل غليسريد إلى نوعين تبع ا للأحماض الدسمة المرتبطة بالغليسرول:

✓ أسيل غليسريدات بسيطة تكون الحموض الدسمة المرتبطة بالغليسرول من نوع واحد

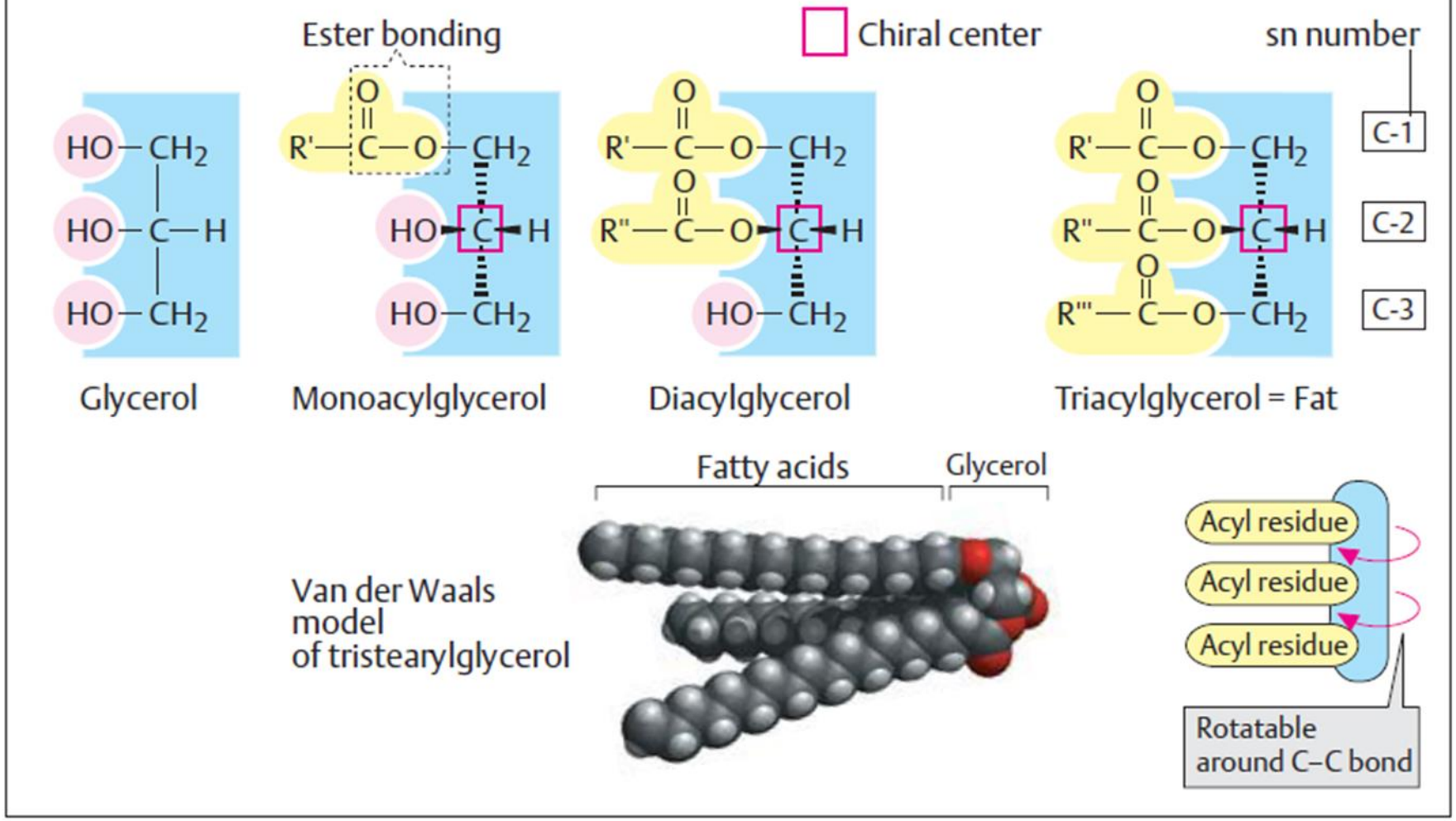
✓ غليسريدات ثلاثية معقدة يحوي على اثنين أو أكثر من الحموض الدسمة المختلفة

❑ معظم الدهون الموجودة بالزيت والزبدة والدهون الغذائية هي خلائط متعددة للغليسريدات الثلاثية البسيطة والمعقدة الحاوية على أنواع لأحماض دسمة تختلف عن بعضها في طول السلسة ودرجة الإشباع.

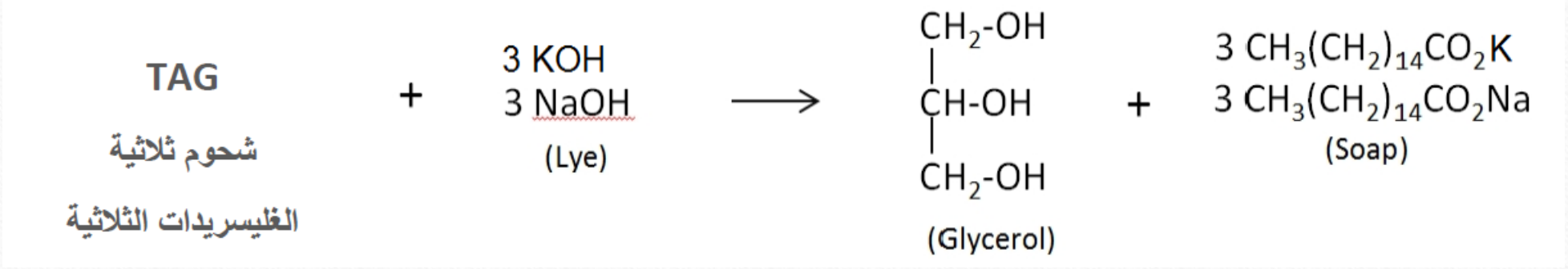
❑ ثلاثي أسيل الغليسرولات الحاوية على حموض دسمة مشبعة فقط (ثلاثي سيتارين)المكون الرئيسي لدهن البقر والغنم تكون مواد صلبة وبيضاء في درجة حرارة الغرفة.

❑ ثلاثي أسيل الغليسرولات الحاوية على حموض دسمة غير مشبعة تكون سائلة في درجة حرارة الغرفة(جميع الزيوت النباتية).

B. Structure of fats



- أما الزبدة تكون مزيج من ثلاثي أسيل الغليسرولات بعضها حاوي على حموض دسمة ذات سلاسل قصيرة والتي تتمتع بدرجات انصهار منخفضة تعطي للزبدة ليونتها في درجات الحرارة العادية.
- تتحلمه ثلاثي أسيل الغليسرولات عند غليها مع الأحماض أو القلويات أو بتأثير أنزيم الليباز Lipase المفرز من المعثكلة إلى المعي الدقيق وتدعى حلمهة ثلاثي أسيل الغليسرولات مع NaoHأو KoH بعملية التصبن أو تشكيل الصابون Saponification.



يمكن الحصول على سمنة صلبة من خلال إشباع الروابط المضاعفة في الأحماض الدسمة غير المشبعة بعملية تسمى الهدرجة فمثلا عند هدرجة الزيوت النباتية للحصول على السمنة يتم تحويل الروابط المضاعفة إلى روابط أحادية وبالتالي يتحول الزيت إلى سمنة.

- ثلاثي أسيل الغليسرولات هي شحميات ادخارية تخزن كميات كبيرة من TAG بصورة قطيرات دهنية تملأ معظم الحجم الخلوي وتوجد الخلايا الدهنية بأعداد كبيرة تحت الجلد وفي التجويف البطني والغدد الثديية
- ويعتبرTAGمخزون طاقي أفضل من الغليكوجين فكل ١ غ من TAGيعطي ضعف الطاقة التي يعطيها ١ غ من السكريات.
- يخزنTAG في بعض الحيوانات تحت الجلد لاستخدامه كمستودع ادخاري للطاقة وعازل حراري ضد الحرارة المنخفضة كما هو الحال عند الحيوانات القطبية.

اللبيدات المركبة (المعقدة) إسترات الحموض الدسمة مع الأغوال ، وزمر أخرى غير دسمة ، ومنها :الشحوم الفوسفورية .الشحوم السكرية .

تضم الليبيدات المركبة بالإضافة للأحماض الدسمة والغليسرول جزيئات أخرى مثل الآزوت أو الكبريت أو السكريات ، وتقسم إلى: الفوسفوليبيدات **Phospholipid** – الليبيدات السكرية **Glycolipids**

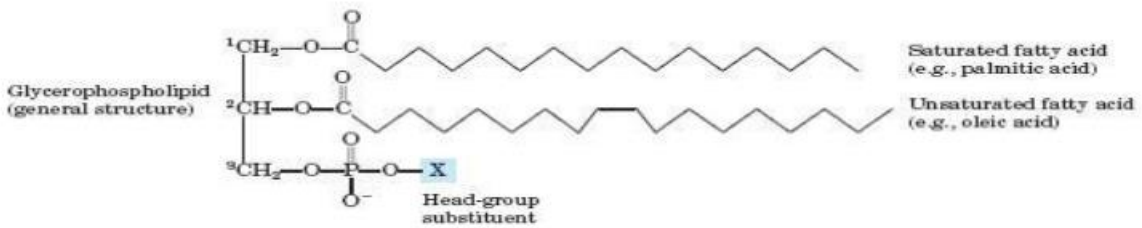
١- الشحوم الفسفورية (phospholipids):

مركبات قطبية ، ذات طبيعة ثنائية الجانب (Amphilpathic). (لها رأس اليف للماء Hydrophilic)، (زمرة الفوسفات بالأضافة للاسس الازوتية وذنب كارة للماء طويل (Hydrophboic) مكون من سلسلتين من حمضين دسمين) هي المقومات الرئيسية للاغشية الحيوية، تقسيم الشحميات الفوسفورية بحسب الغول الداخل في بنيتها

١- الشحوم الفوسفورية الغليسيرية (Glycerophoshlipids).

٢- الشحوم الفوسفورية السفيغولية (Sphiongo Phodhlipids).

اولاً الشحوم الفوسفورية الغليسيرينة (Glycerophosphlipids). نوضح هنا الصيغة العامة للشحوم الفوسفورية:



تتألف بنيتها بشكل عام من:

١-حمضين دسمين ٢- الغليسيرول ٣- حمض الفوسفوري ٤- الاساس الازوتي.

المتوسط الاساسي في بنية المركبات السابقة هو حمض الفوسفاتيدي (المكون من الغليسيرول + حمض الفوسفور + حمض دسمين).

اذا الشحوم الفوسفورية هي مشتقات للحمض الفوسفاتيدي،حيث يسمى كلا منها الفوسفاتيديل ونقسمها نسبة الى المقوم الازوتي: وهي

A. Glycerophospholipids

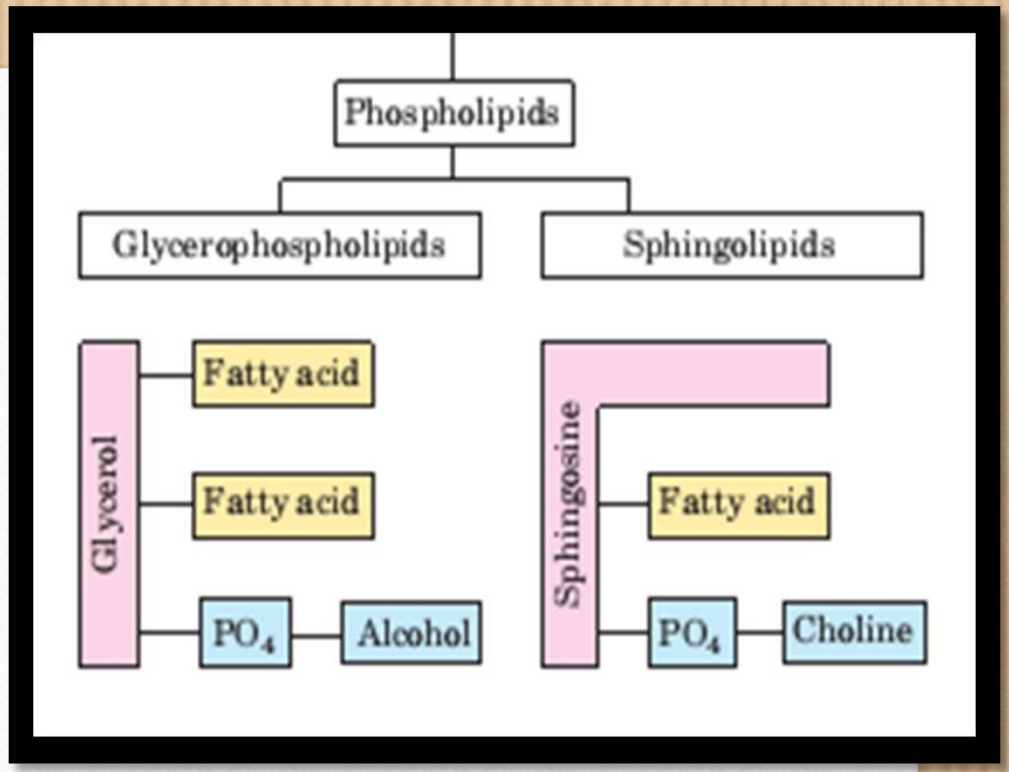
ALCOHOL IS GLYCEROL

- ✓ Phosphatidylcholine
- ✓ Phosphatidyl ethanolamine
- ✓ Phosphatidyl serine
- ✓ Phosphatidyl inositol
- ✓ Plasmalogens
- ✓ Cardiolipins

B. Spingophospholipids

ALCOHOL IS SPINGOSINE

- ✓ Spingomyelins



phosphatidyle -choline (lecithin)

الفوسفاتيديل كولين - الليسيثين

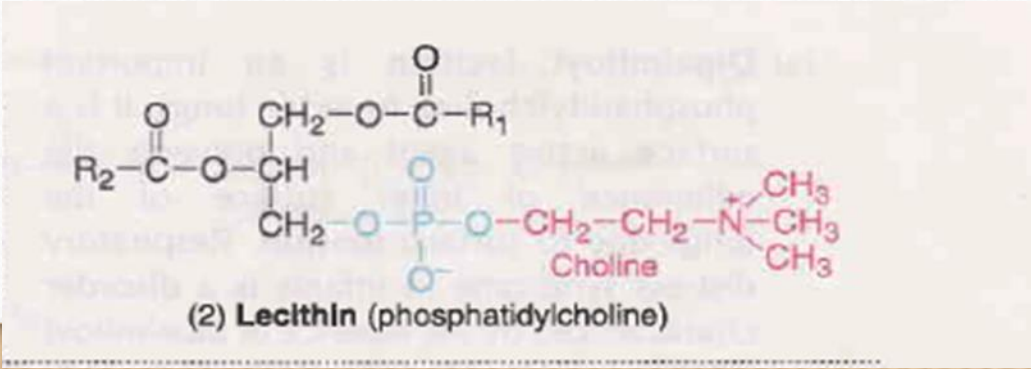
- البنية والتركيب : هو فوسفوليبيد أحادي الأمين ويعتبر كيميائيا (فوسفاتيديل كولين) وقد اكتشف هذا المركب لأول مرة في صفار البيض وعرف باسم الليسيثين
- وأما من الناحية الكيميائية فهو استر مركب من الغليسرول وحمضين دسمين وحمض الفوسفور و كولين.

وظيفة الليسيثين:

أكثر الشحوم الفوسفورية تواجداً في الغشاء الخلوي – تعد المخزون الكبير للكولين في الجسم ومصدر لمجموعات الميثيل في الخلية وهي مهمة لاصطناع النواقل العصبية مثل الاستيل كولين

يشكل ٩٠% من عامل الفاعلية السطحية الرئوية **lung surfactant** والذي يبدأ بالتكون اعتبارا من الشهر السابع من الحمل في الأسناخ الرئوية للجنين

ملاحظة : معظم الشحوم الفوسفورية تحتوي على الجذر الاسيلي المشبع في الموضع الأول وعلى الجذر الاسيلي غير المشبع في الموقع الثاني من الغليسرول



(2) **Lecithin** (phosphatidylcholine)

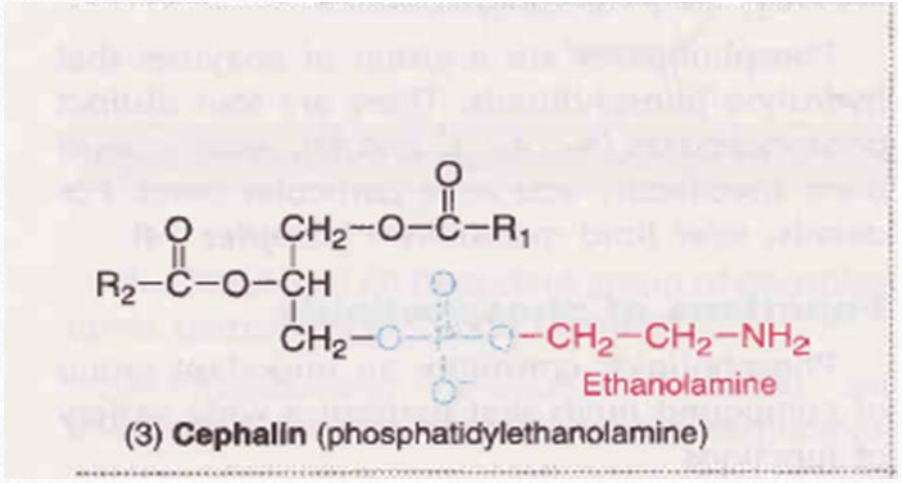
الفوسفاتيديل ايتانول أمين ـالسيفالين Phosphatidyl -ethanolamine (cephalin)

يتألف من (الغليسيرول +حمض الفوسفور + حمضين دسمين + الايتانول امين) ، أو مشتق حمض الفوسفاتيدي + الايتانول امين.

صيغة الاساس الازوتي $HO - CH_2 - CH_2 - NH_3$

يدخل في تركيب غمد النخاعين.

هو ثاني فوسفوليبد مكون للغشاء الخلوي

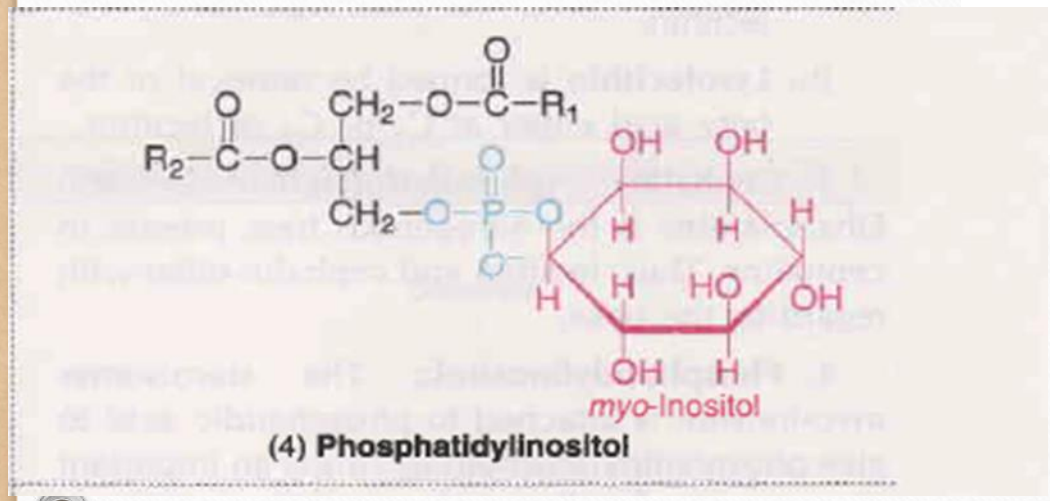


(3) **Cephalin** (phosphatidylethanolamine)

٣- فوسفاتيديل الاينوزيتول: Phosphatidyl - Inositol

يتألف من (الغليسيرول + حمض الفوسفور + حمضين دسمين + اينوزيتول).

يدخل في تركيب المستقبلات في غشاء الخلية مثل مستقبلات الهرمونات على غشاء الخلية



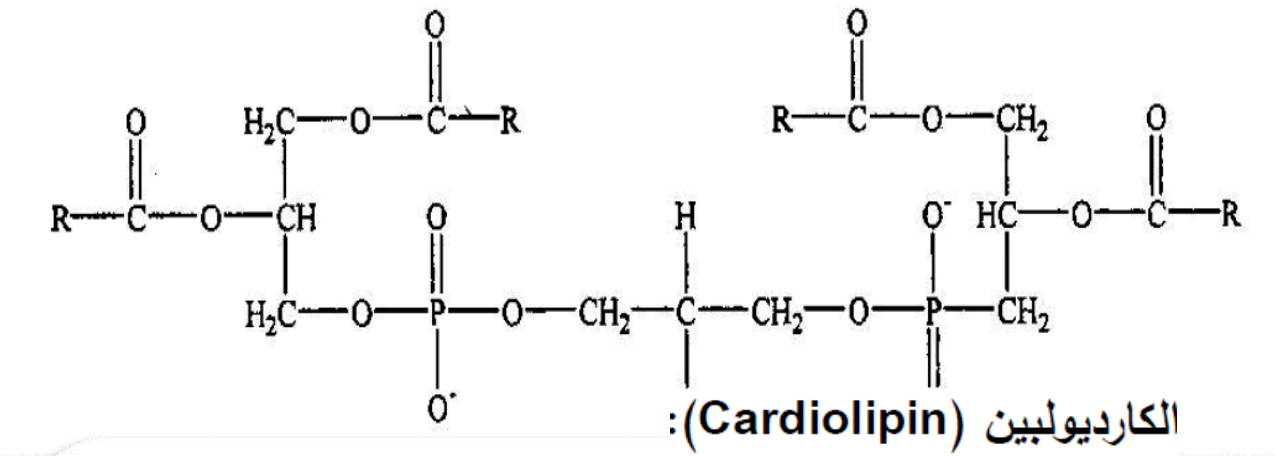
(4) **Phosphatidylinositol**

الكارديوليبين Cardiolipin

هو غليسرول ثنائي الفوسفاتيديل.

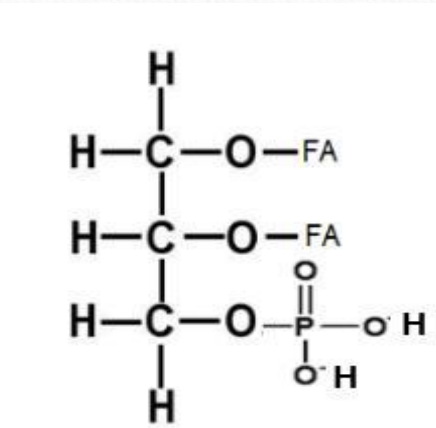
البنية والتركيب:يتألف من جزيئتين من الفوسفاتديك أسيد(غليسرول- ٣-فوسفات) وجزيئة غليسرول مرتبطة معهما

الوظيفة : يدخل في تركيب الغشاء الداخلي للمتقدرات الحيوية mitochondria حيث تتواجد هذه المتقدرات بأعداد كبيرة في الخلايا العضلية وخاصة عضلة القلب ولذلك يسمى الكارديوليبين بلبيد القلب lipid of heart



الكارديوليبين (Cardiolipin):

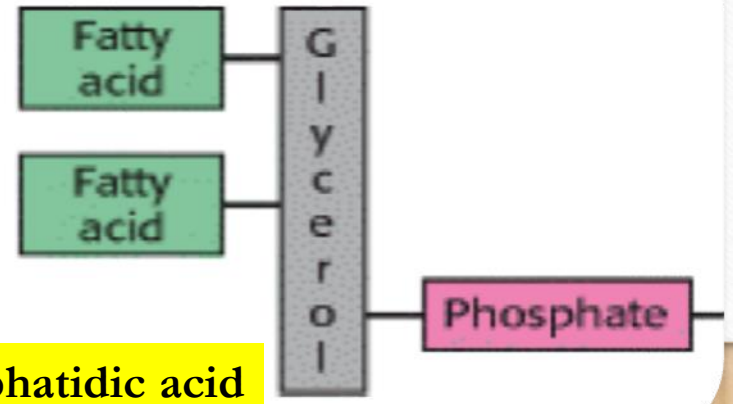
Phosphatidic acid



Glycerol-3-phosphate

حمض الفوسفاتيديك (غليسرول -٣- الفوسفات)

- ✓ لا يتواجد في الغشاء الخلوي
- ✓ يشكل مركب وسطي لتركيب الليبيدات الفوسفورية الأخرى



Phosphatidic acid

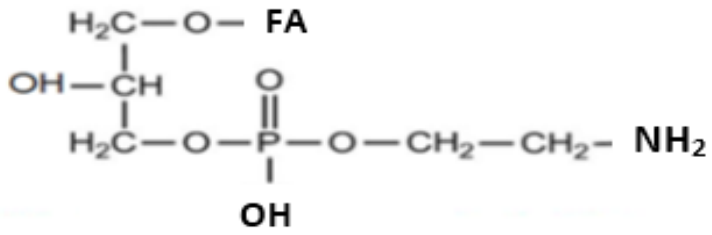
الفوسفاتيديل - سيرين Phosphatidyl - serine

يحفز أنزيمات فسفرة البروتينات (إضافة زمرة فوسفات إلى البروتين)

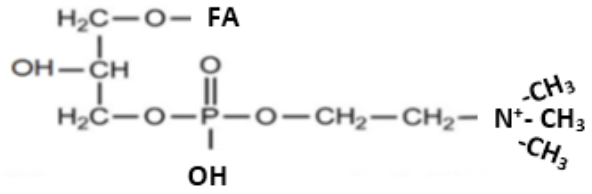
الفوسفاتيديل غليسيرول: Phosphatidyl- glycerol يشكل ١٠ % من عوامل الفعالية السطحية الرئوية

Lyso phospholipids

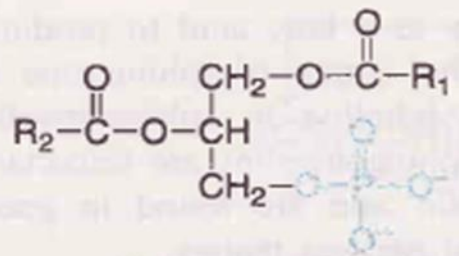
هي فوسفولبيدات ناقصة حمض دسم في الموقع رقم 2 أي على ذرة الكربون رقم 2 في جزيئة الغليسرول المكون للفوسفولبيدات والتي تلعب دورا كمواد وسيطة في استقلاب الفوسفولبيدات ويتم نزع الحمض الدسم في الموقع رقم2 بواسطة أنزيمphospholipids A2



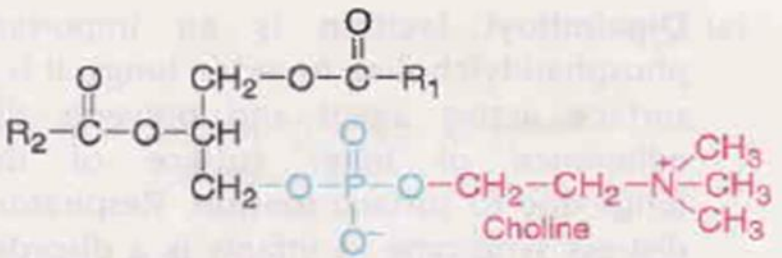
Lyso cephalin



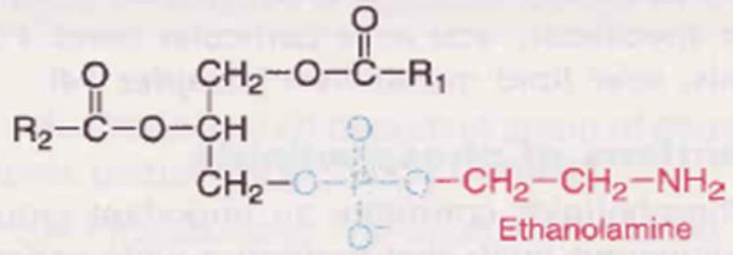
Lyso Licthin



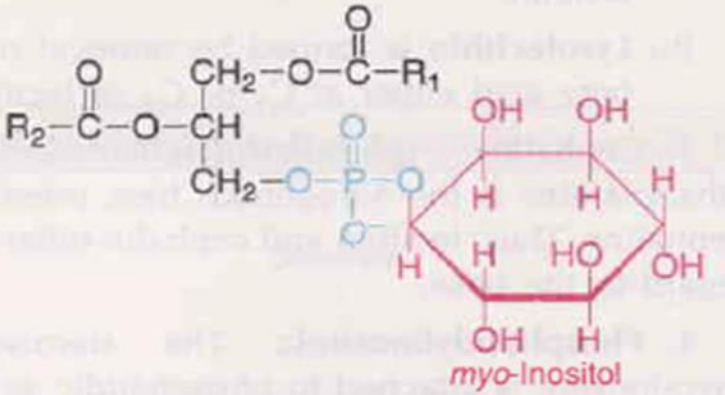
(1) **Phosphatidic acid**



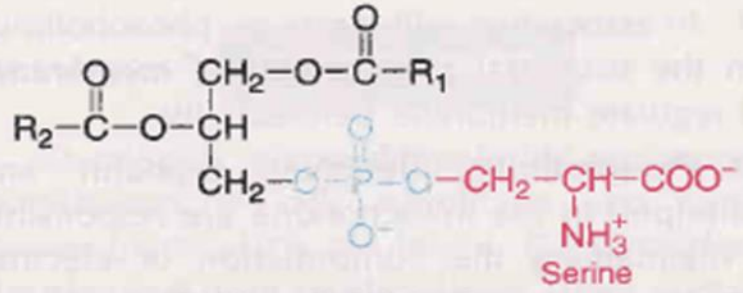
(2) **Lecithin** (phosphatidylcholine)



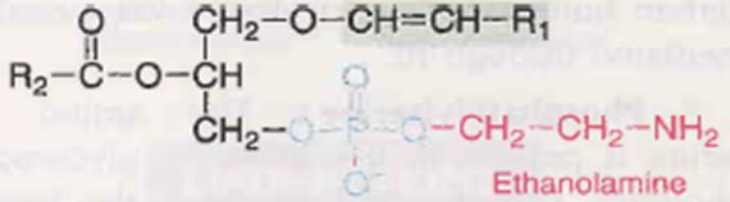
(3) **Cephalin** (phosphatidylethanolamine)



(4) **Phosphatidylinositol**

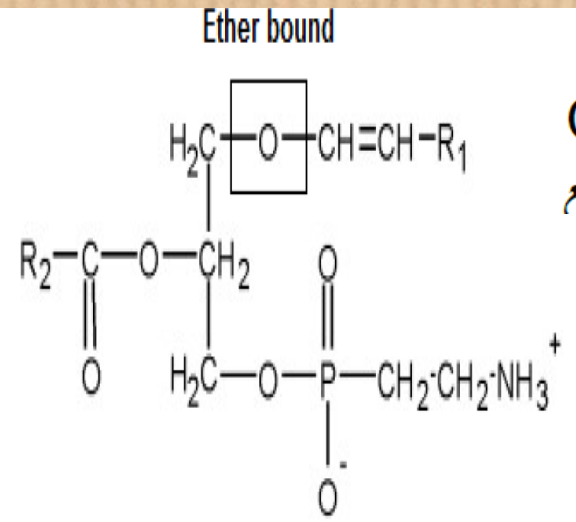


(5) **Phosphatidylserine**



(6) **Plasmalogen** (phosphatidalethanolamine)

البلازمالوجينات (Plasmalogens)



إن البلازمالوجينات تشبه بنيوياً الفوسفوليبيدات الأخرى إلا أنها تحتوي رابطة ايتيرية في الموقع C1 بدلاً من الرابطة الاستيرية، وبذلك فإن الموقع C1 يحوى على مركب 1 ، 2 حمض دسم غير مشبع

تتواجد في الدماغ والعضلات وتشكل (١٥% -١٧%) من الشحميات الفوسفورية في الدماغ والعضلات،

يشتق من الشحوم الفوسفورية الغليسرينية حيث يستبدل الحمض الدسم الأول بغول غير مشبع(الكينيل)

وتستبدل الرابطة الأستيرية برابطة أثيرية

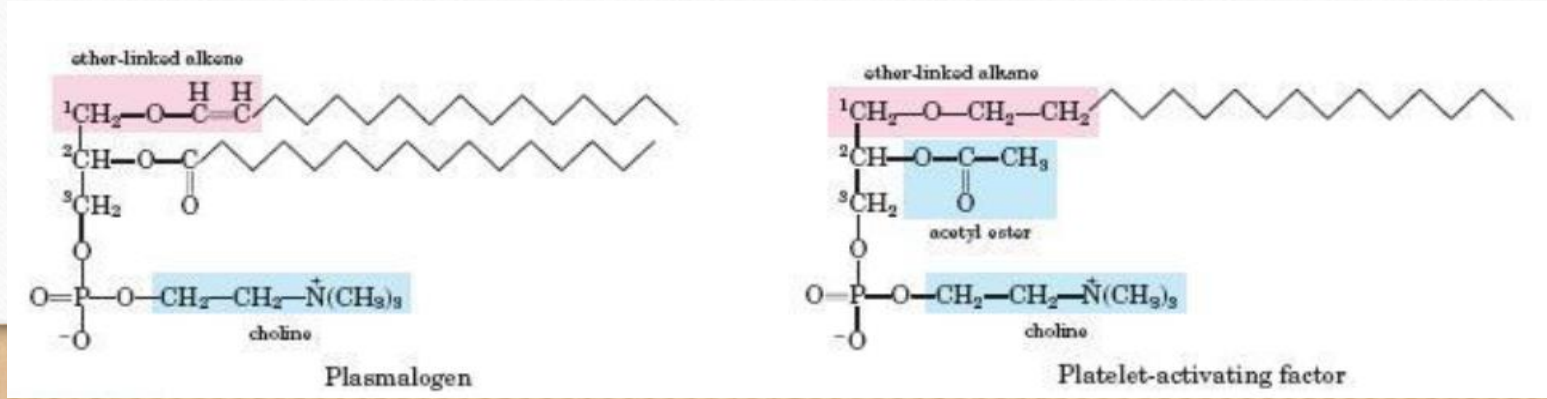
توجد ثلاثة صفوف من البلاسمالوجوجينات مطابقة للفوسفاتيدلات السابقة.

المكونة من ١- الكينيل ٢- الحمض الدسم(أسيل) ٣- فوسفو الكولين.

مثال: العامل المنشط للصفيحات الدموية (platelet activating Factor) (PAF) المكون من

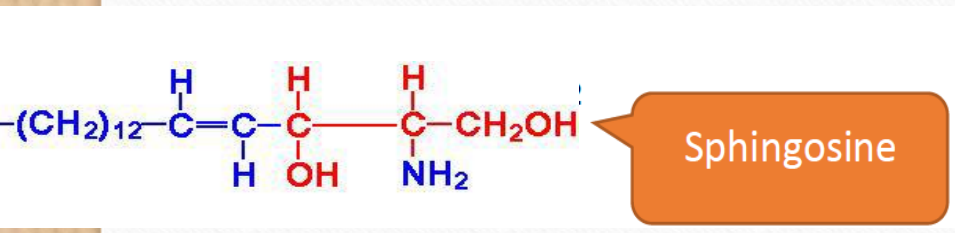
١- الكيل(غول مشبع) ٢ - استيل -٣- فوسفو الكولين (وسيط كيميائي يمتلك وظيفيتين فيزيولوجيتين

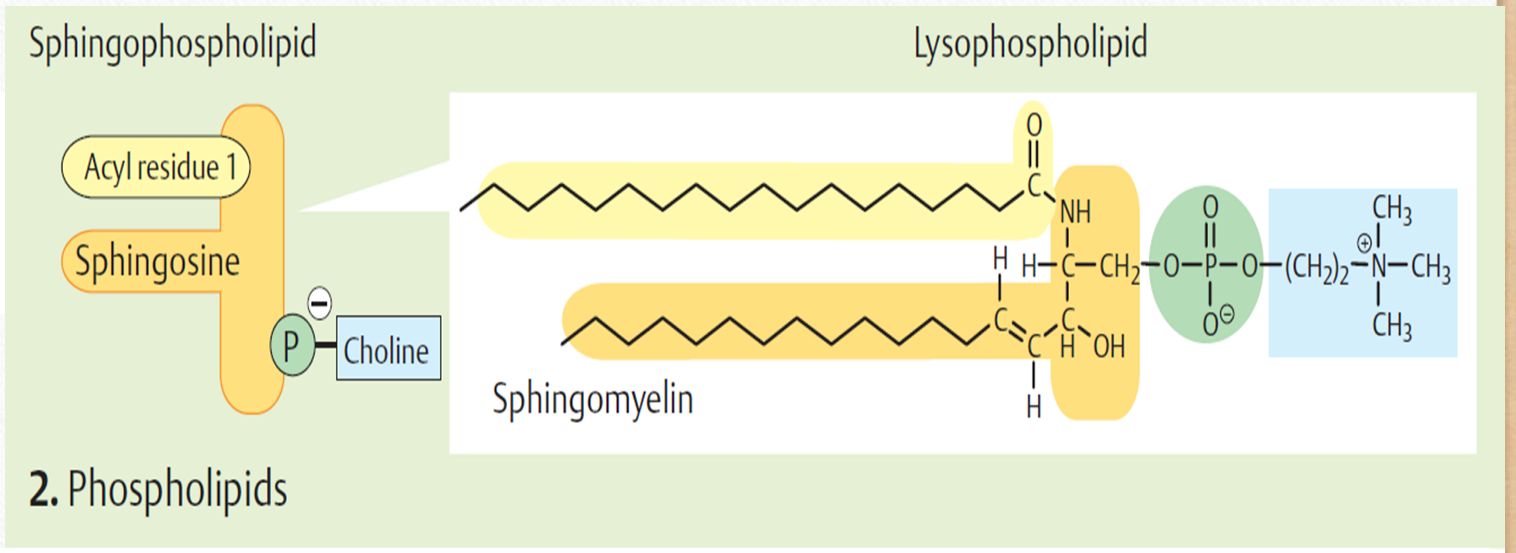
تخفيض ضغط الدم وتنشيط الصفيحات الدموية مؤدياً لتجمعها يساهم في التصاق الصفيحات الدموية أثناء التئام الجروح.



ثانيا–الشحوم الفوسفورية السفيغولية (Sphilngo Phosphlipids):

تشتمل هذه المركبات في بنيتها على الغول المسمى السفنغوزين وهوعبارة عن غول أميني يشتق من حمض النخيل + حمض الستيئين .





المثال النموذجي لها هو السفنغوميلين .لا تعتبر السفنغوميلينات استرات الحموض الدسمة رغم احتوائها على حمض الدسم ذو وزن جزئي مرتفع وعلى الغول الازوتي السفنغوزين لكون الحمض الدسم ترتبط بالغول عبر الزمرة الاميدية بالرابطة الاميدية وليس الرابطة الاسترية.

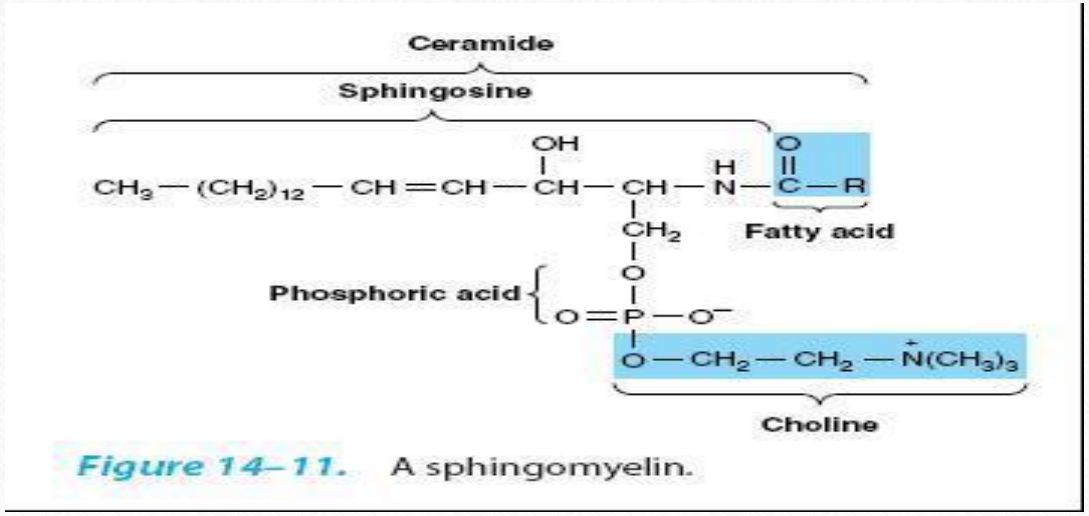


Figure 14–11. A sphingomyelin.

- ceramide السيراميد: وهي بنية هامة في السفنغوميلين والشحوم السفنغولية السكرية، ينتج من أرتباط الحمض الدسم مع السفنغوزين.

تختلف مركبات السفنغوميلين عن بعضها البعض بأختلاف نوع الحمض الدسم في تركيب السيراميد .توجد السفنغوميلينات بكميات كبيرة في الدماغ والنسيج العصبي (بنية العصبونات للخلايا العصبية) تتواجد في غمد النخاعين الى جانب كلا من الليستين والسيفالين والكوليسترول.

سلفاتيدات Sulfatides :

- حيث يرتبط بجزيئة السكر المرتبطة أصلاً مع السيراميد بوساطة جزيئة سلفات (SO_3^-)والتي ترتبط مع جزيئة السكر فى ذرة الكربون رقم 2.

- يتواجد في المادة البيضاء التي تحيط بالمحور الاسطواني للخلايا العصبية غمد النخاعين

3) غلوبوزيدات Globosides :

- حيث يرتبط السيراميد بـ (Oligo sugar) عدد من جزيئات السكرمن 3-9 جزيئات.

الشحوم السكرية GLYCOLIPIDS

إن معظم الشحوم السكرية المتواجدة في نسج الجسم هي شحوم سفنغولية سكرية (شحيمات سيفنغولية سكرية).

سوف نتحدث في هذا القسم على الليبيدات السفينغوزنية Sphingo lipid فقط Sphingolipid

هي ليبيدات معقدة يكون فيها سفينغورين هي الجزء الكحولي ويرتبط بزمرة الأمين حمض دسم بحيث يكون
(سفينغورين + حمض دسم) = سيراميد

إن الليبيدات السكرية تتواجد في الطبقة الخارجية من كل نسيج تقريباً وخاصة النسيج العصبي. تقسم حسب البنية إلى :

Cerebrosides : سيروبروزيدات(الشحوم السكرية المتعادلة) حيث تتألف من السفنغوزين + الحمض الدسم + جزئية السكر.

حيث ترتبط جزيئات السكر الحاوية على مجموعة هيدروكسيل أولية وحمض دسم مع NH2لجزيئة السفينغوزين ، أي أن جزيئة السكر ترتبط مع جزيئة السيراميد.
وجزيئات السكر إما أن تكون غلوكو ز أو غالاكتوز فينتج لدينا: غالاكتوسيربيروزيد Galacto-cerebrosides
يتواجد هذا اللبيد السكري في النسيج العصبي والدماغ وبكمية قليلة خارج النسيج العصبي.

- غلوكوسيربيروزيد Gluco-Cerebrosides : يتواجد هذا اللبيد السكري في النسيج الخارجي للكلية

الشحوم السكرية الحمضية

4) الغانغليوزيدات Gangliosides:

- حيث يرتبط السيراميد بـ (Oligo sugar) وكذلك جزيئة أو أكثر من سياليك أسيد N-acetyl neuraminic acid: NANA = sialic acid

- يتواجد كل من الغلوبوزيدات والغانغليوزيدات في النسج العصبية والمادة الرمادية للدماغ.
- الغانغليوزيدات تتواجد على أغشية الخلايا الخارجية لذلك تلعب دوراً في التعرف على بعضها البعض (cell-cell recognition) فمثلاً تلعب دور مستقبل على غشاء الخلية للتعرف على توكسين الكوليرا Cholera toxin .

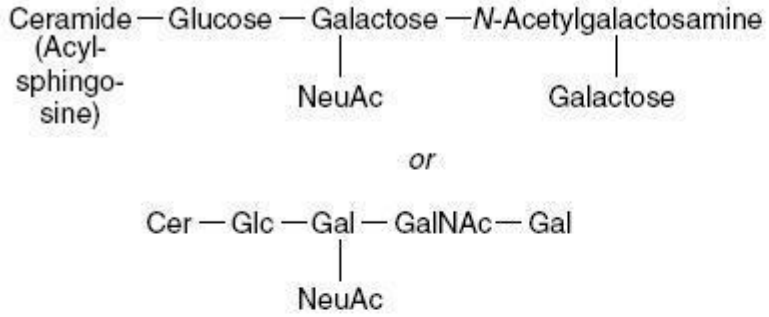
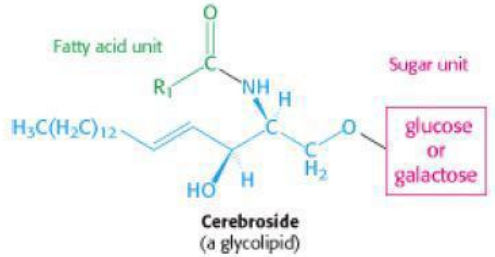
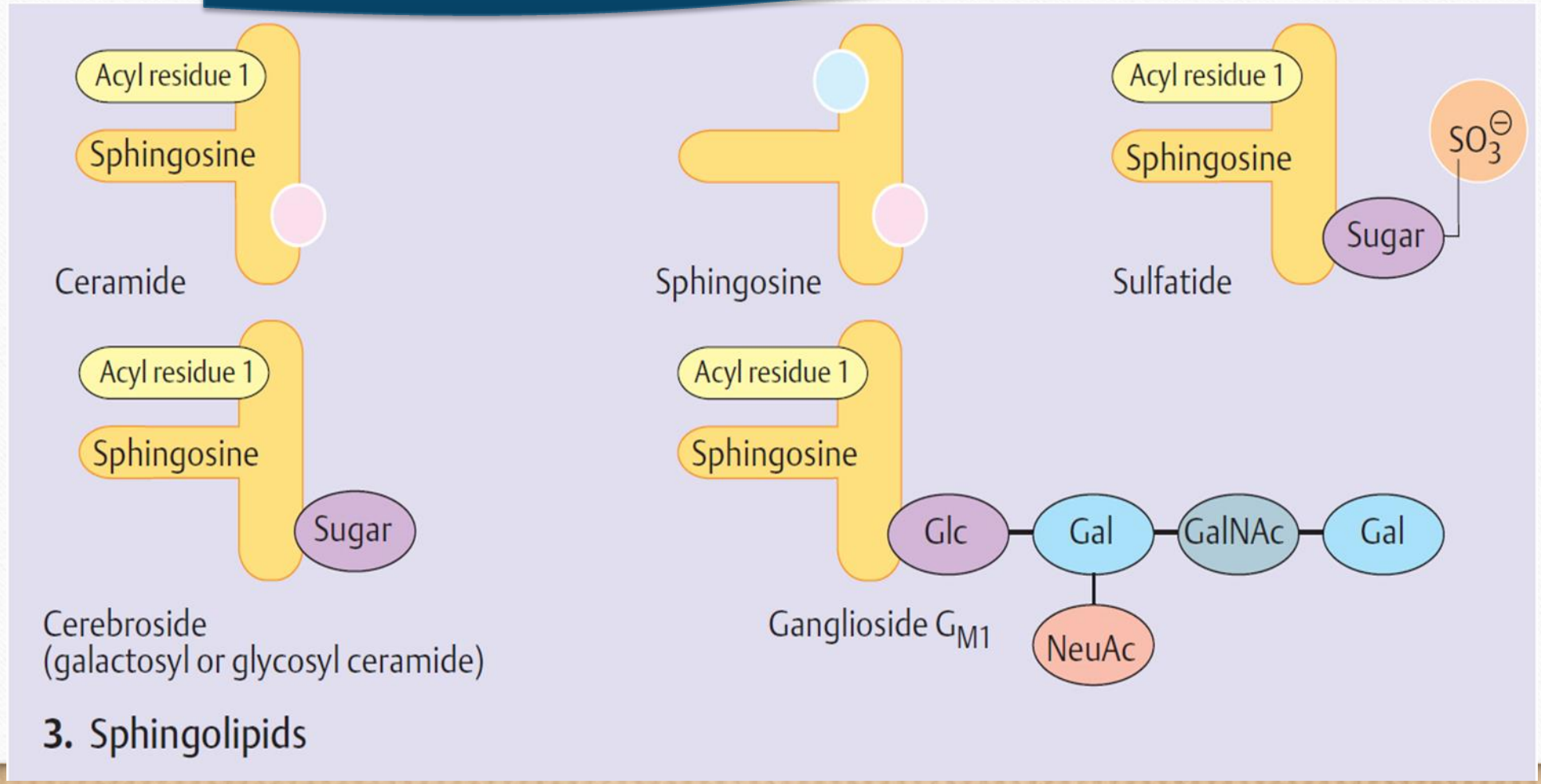


Figure 14–13. G_{M1} ganglioside, a monosialoganglioside, the receptor in human intestine for cholera toxin.



❑ They do not contain phosphate group

FA + ALCOHOL[SPINGOSINE] +CARBOHYDRATE WITH NITROGEN BASE

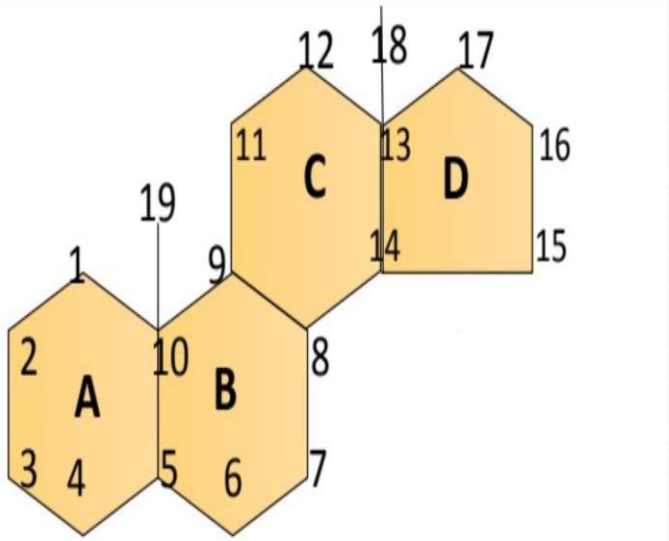


3. Sphingolipids

Derived lipid مشتقات الليبيدات

الستيروئيدات Steroids

هي مركبات تحتوي نواة ستيروئيدية steroids nucleus وتتألف هذه النواة من أربع حلقات ثلاثة منها سداسية A,B,C وواحدة خماسية D بالإضافة لجذرين مثيلين CH_3.



سوف ندرس من الستيروئيدات:

أولاً: الستيرولات

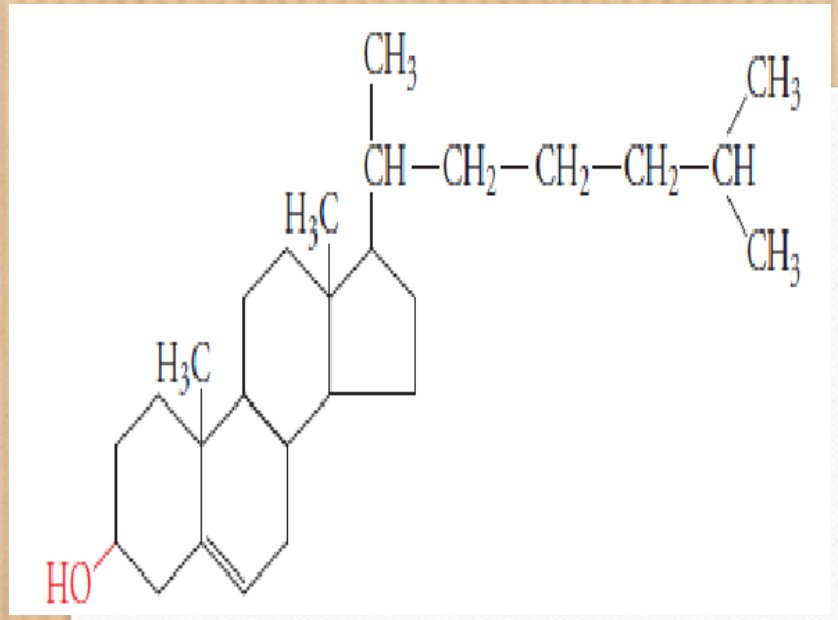
1. Cholesterol الكوليسترول
2. Ergosterol أرغوستيرول
3. Sitosterol سايتوستيرول

Cholesterol. الكوليسترول

يتألف الكوليسترول من ٢٧ ذرة كربون ومجموعة هيدروكسيل مرتبطة بذرة الكربون رقم ٣

. ويحوي على ٨ ذرات كربون مرتبطة بذرة الكربون رقم ١٧(٢٠ – ٢٧)

يحوي على رابطة مضاعفة على الكربون رقم ٥



يمكن أن يرتبط حمض دسم بمجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكربون رقم ٣ وغالباً ما يكون هذا الحمض الدسم غير مشبع وبذلك يكون الكوليسترول على شكل مختزن (مخزون داخل الخلايا إذا ارتبط بالحمض الدسم.)

- الكوليسترول أو كوليسترول أستر(أي مرتبط مع حمض دسم) يتواجد في الخلايا الحيوانية فقط.
- الكوليسترول في الدم يتواجد إما بشكل كوليسترول حر أو كوليسترول استر٢/٣
- الشكل المؤستر يكون ثلثي الكوليسترول الكلي في الدم أما الكوليسترول الحر يكون ثلث الكوليسترول الكلي .

يصنع الكوليسترول في الكبد اعتبارا من Acetyl-coA وينقل بالدم بعد آن يحاط بجزيئات بروتينية منخفضة الكثافةLow density lipoprotein(LDL)

الكوليسترول الحر يملك قطب محب للماء لاحتوائه على OH على ذرة الكربون رقم 3 لذلك يكون له خصائص أمفيبائية Amphipathic .

↙ الكوليسترول مركب هام جدا لأنه:

- يدخل في بناء الأغشية الخلوية.
- يدخل في تركيب الجهاز العصبي كالدماغ إذ يكون 25% من دهون الأغشية للخلايا العصبية.
- يصنع من الكوليسترول هرمونات كثيرة مثل هرمونات قشرالكظر، الهرمونات الجنسية الذكريةوالأنثوية (الاستروجين والأنندروجين).
- يصنع منه فيتامين D المهم جداً لتطور العظام.
- يصنع منه الحموض الصفراوية في الكبد.

مضار الكوليسترول:

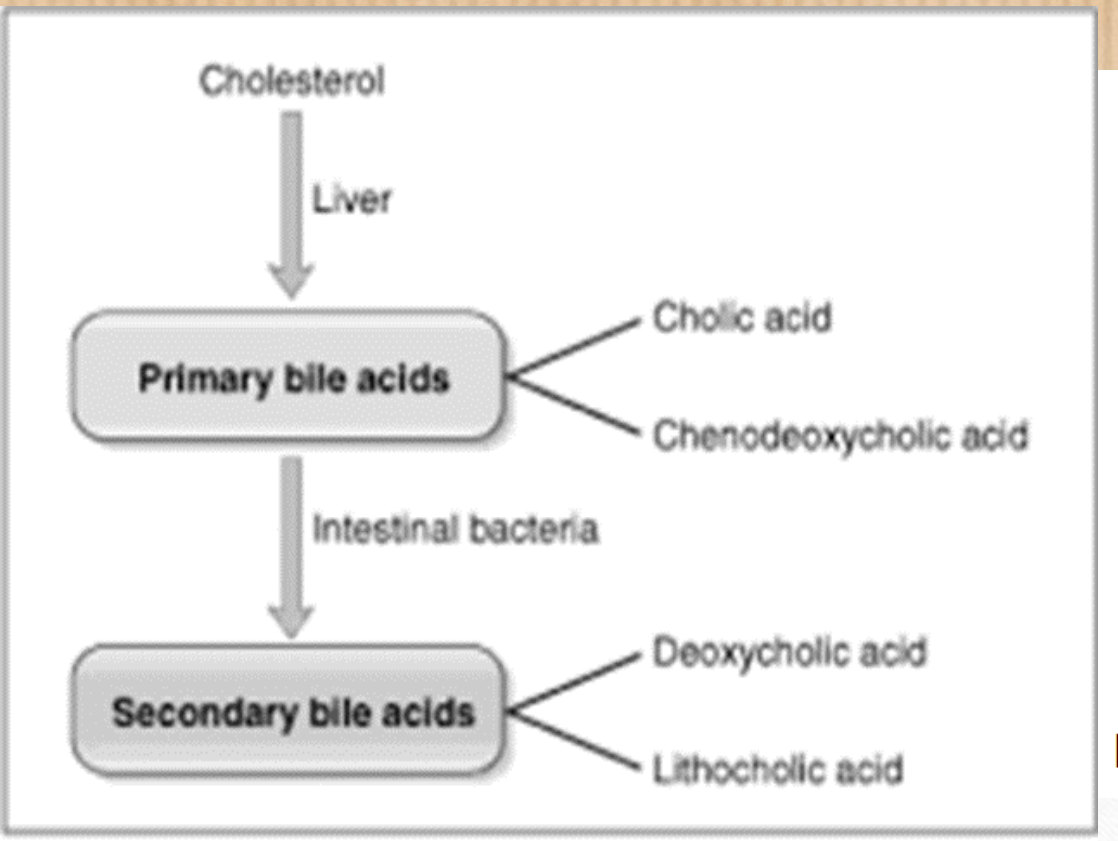
١- يترسب الكوليسترول على الأوعية الدموية ويؤدي إلى تصلب الشرايين.

٢- يترسب في الحويصلا ت الصفراوية ويشكل حصيات مرارية من الممكن أن تسد القناة الصفراوية وتسبب مرض اليرقان الانسدادي.

يخضع الكوليسترول للأكسدة والارجاع:

الإرجاع :ترجع الرابطة المضاعفة (C5=C 6) في جزيئة الكوليسترول في الأمعاء بفعل الفلورالطبيعية ويتحول إلى Caprosterol أو Dihydro Cholesterol ويتم طرحها خارج الجسم.

الأكسدة :يتم أكسدة جزيئات الكوليسترول بالكبد لذرة الكربون رقم ٧ بنزع الهيدروجين ليتحول إلى ديهايدروكوليسترول وينتقل بالدم إلى خلايا الجلد فإذا تعرض للأشعة الشمسية التي تحوي الاشعة فوق البنفسجية يتحول إلى فيتامين د٣



2: الارغوستيرول: Ergosterol

- يتواجد في الخميرة
- يتحول إلى فيتامين D2 إذا تعرض للأشعة فوق البنفسجية

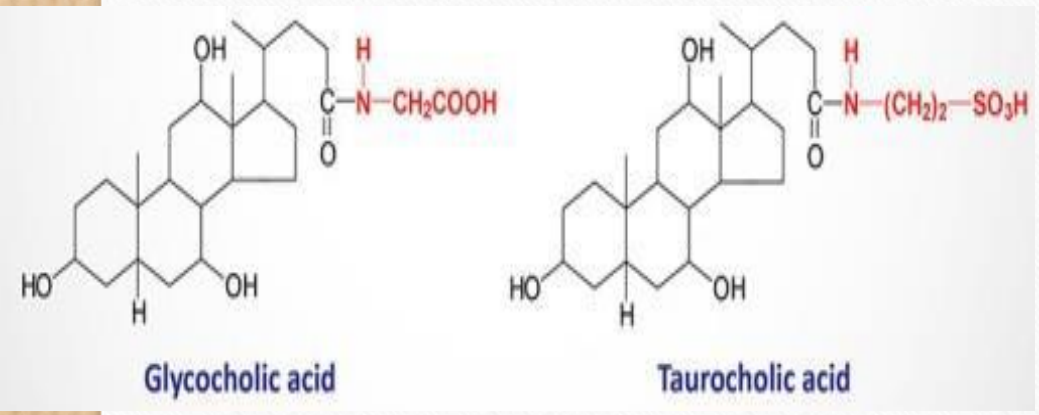
3: السيتوستيرول: Sitosterol

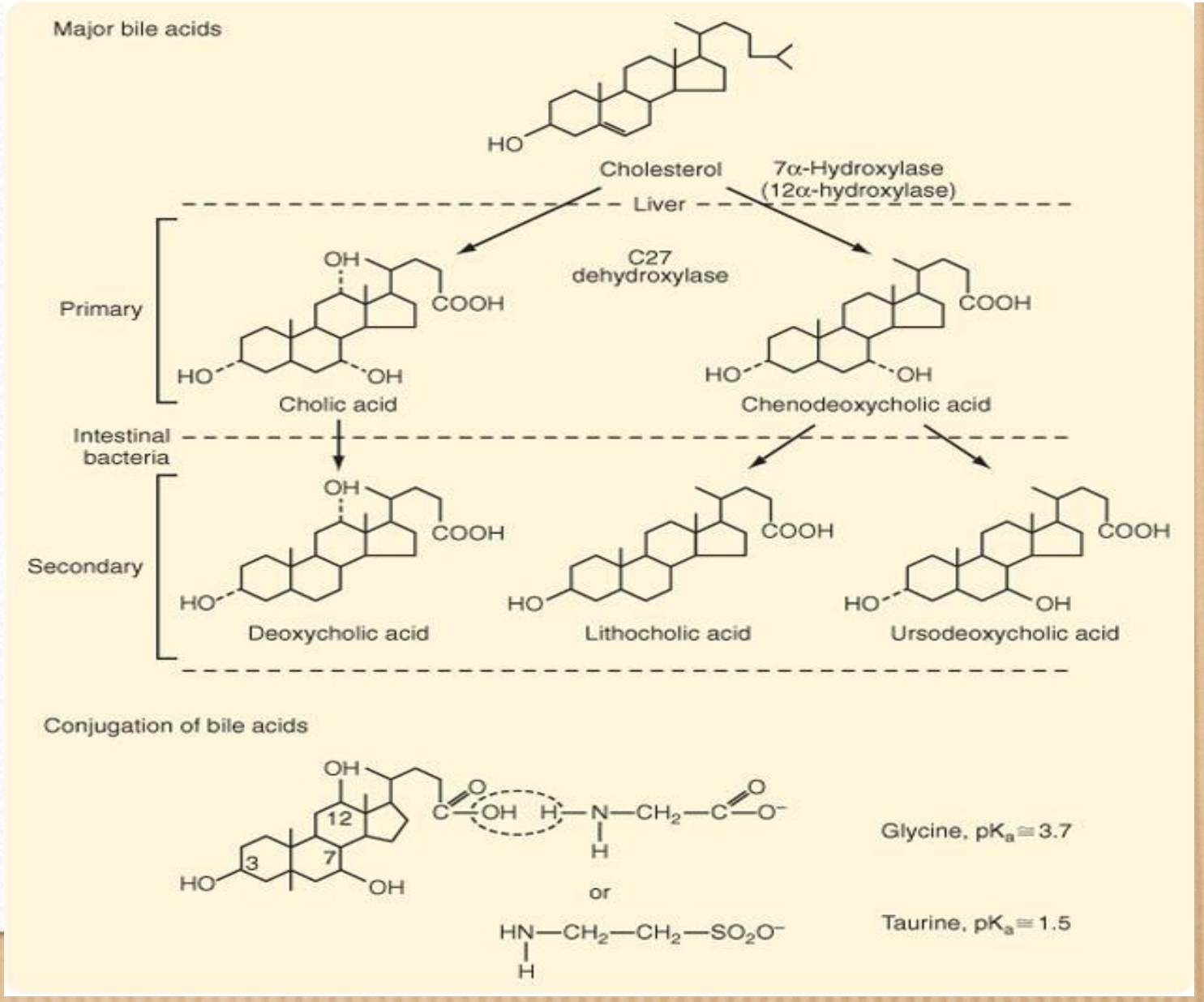
- هو ستيرول نباتي Phyto- sterol
- يتواجد في الزيوت النباتية
- يقلل امتصاص الكوليسترول في الدم Inhibition of cholesterol absorption

Bile acids الأحماض الصفراوية

- تصنع في الكبد اعتباراً من الكوليسترول من خلال سلسلة من التفاعلات (آي hydroxylation) إضافة مجموعة الهيدروكسيل فيتحول خلالها الكوليسترول إلى **cholic acid 3-7-12** أو **cheno deoxycholic acid 3-7**
- تعتبر الأحماض الصفراوية السابقة بالأحماض الصفراوية الأولية Primary bile acids

- ترتبط الأحماض السابقة بـ Taurine أوالغلايسين Glycine لتعطي أملاح الصفراء بوجود وسط قلوي مثل هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم.



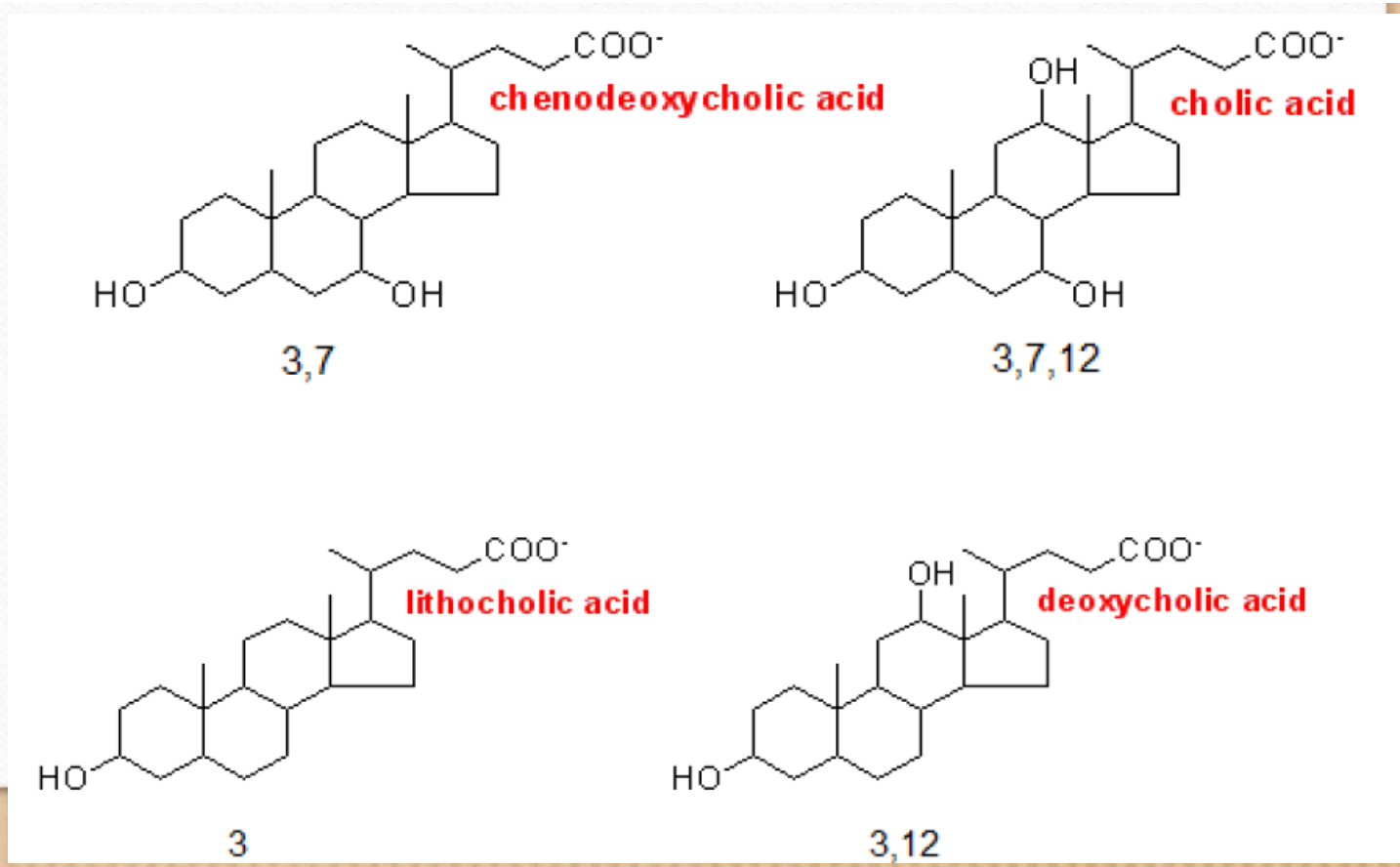


تنتقل الأملاح الصفراوية من الكبد وتخزن في المرارة ويتم إفرازها وقت الحاجة وتساهم في استحلاب المواد الدهنية تمهيدا لهضمها وامتصاصها

الأملاح الصفراوية بعد تأدية وظيفتها تتكسر لتعطي أحماض صفراوية ثانوية وذلك تحت تأثير البكتيريا الموجودة في الكولون وهذه الأحماض هي:

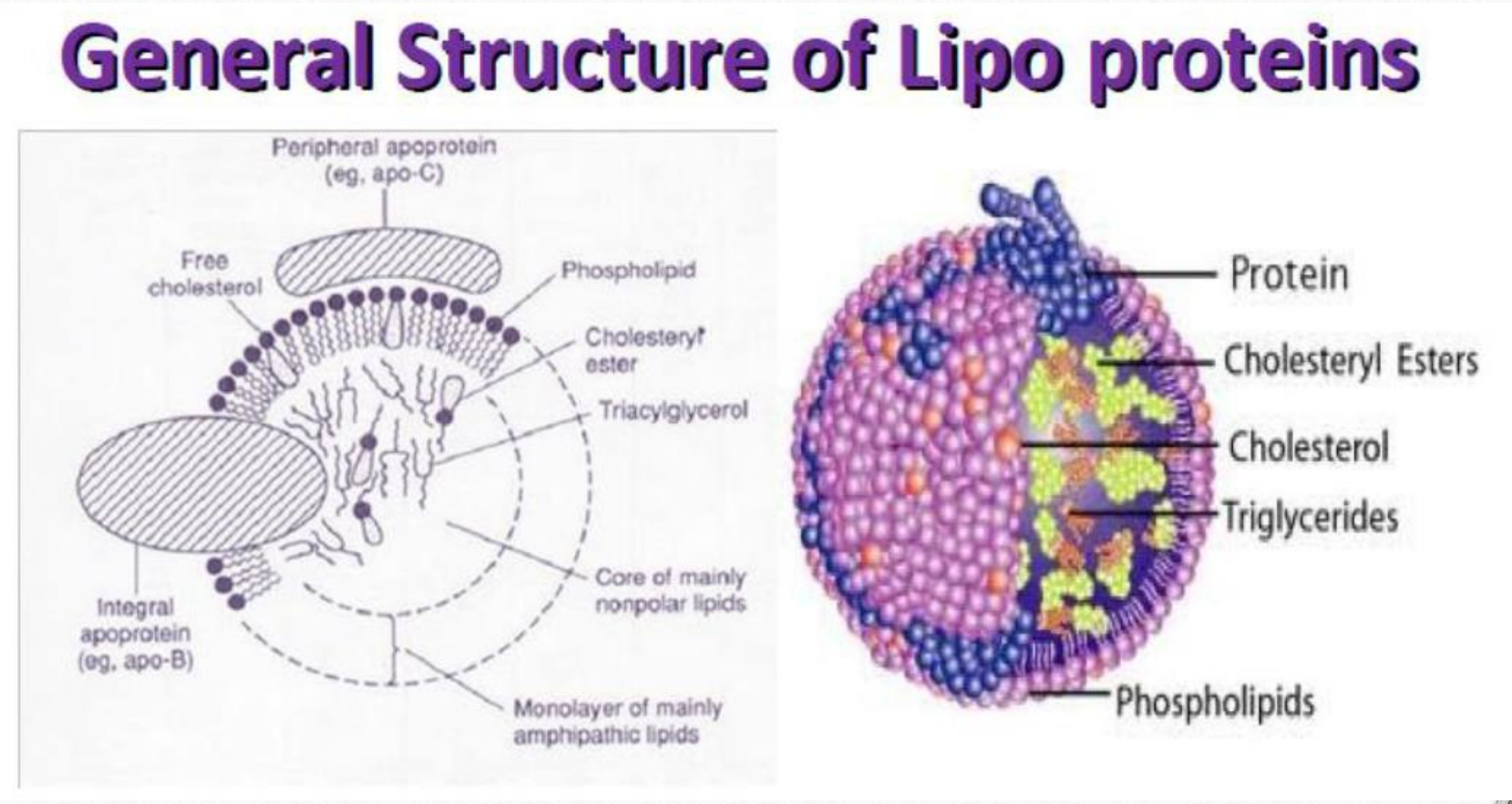
1) Deoxy colic acid (3,12)
2) Litho colic acid (3)

تأتي أهمية الحموض الصفراوية في هضم الدسم؛ حيث تشكل مع الدسم مستحلبات وبنلك تتيح للانزيمات الهاضمة هضم الدسم.



ملاحظة : الأرقام المرافقة للأحماض الصفراوية الأولية والثانوية تدل على ارتباط مجموعات الهيدروكسيل على ذرات الكربون.

تتألف من بروتينات مرتبطة مع ليبيدات فوسفورية و قطبية لتعطي شكل كروي تقريبا تحوي بالداخل على الشحوم الثلاثية و الكوليسترول المؤستر و تقوم على نقل المواد الدهنية غيرالمنحلة في المجرى الدموي تمهيدا لإيصالها للنسيج المطلوب كما في الشكل التالي :



الدهون البروتينية lipo- protein

وتنقسم الدهون البروتينة حسب كثافتها الى.

١- دهون بروتينية عالية الكثافة High Density lipo protein(HDL)

تقوم بنقل الكوليسترول والدهون البروتينية الاخرى من انسجة الخلايا الى الكبد.

٢- دهون بروتينية منخفضة الكثافة (LDL) Low density lipo protein

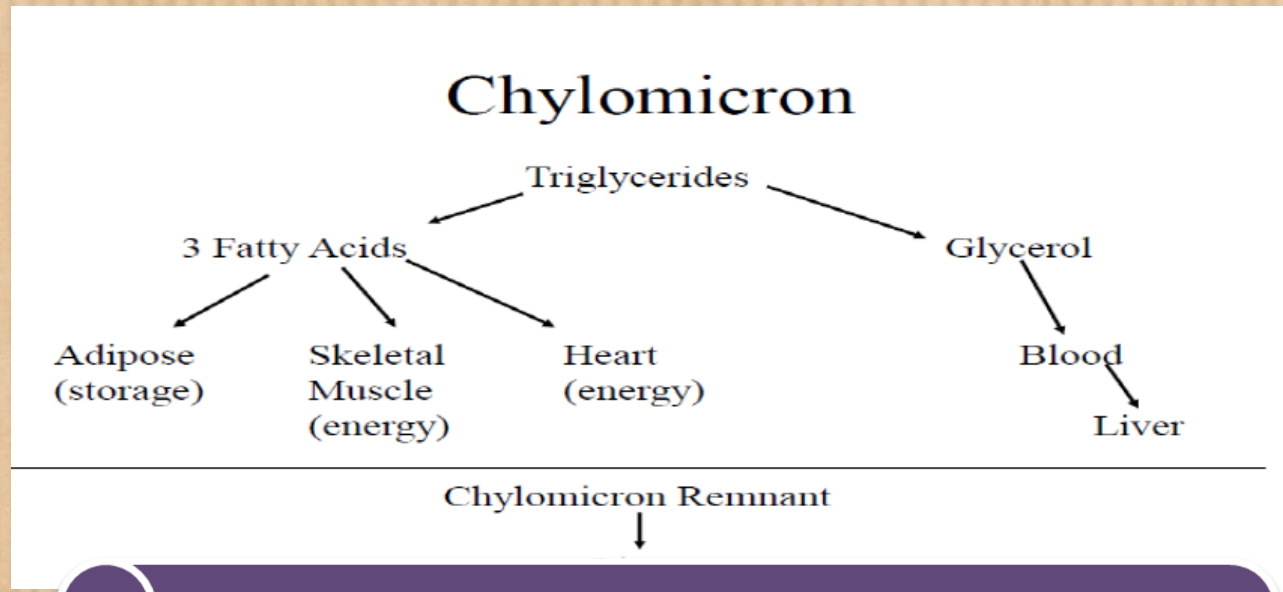
تقوم بنقل الكوليسترول من الكبد الى الانسجة الاخرى .

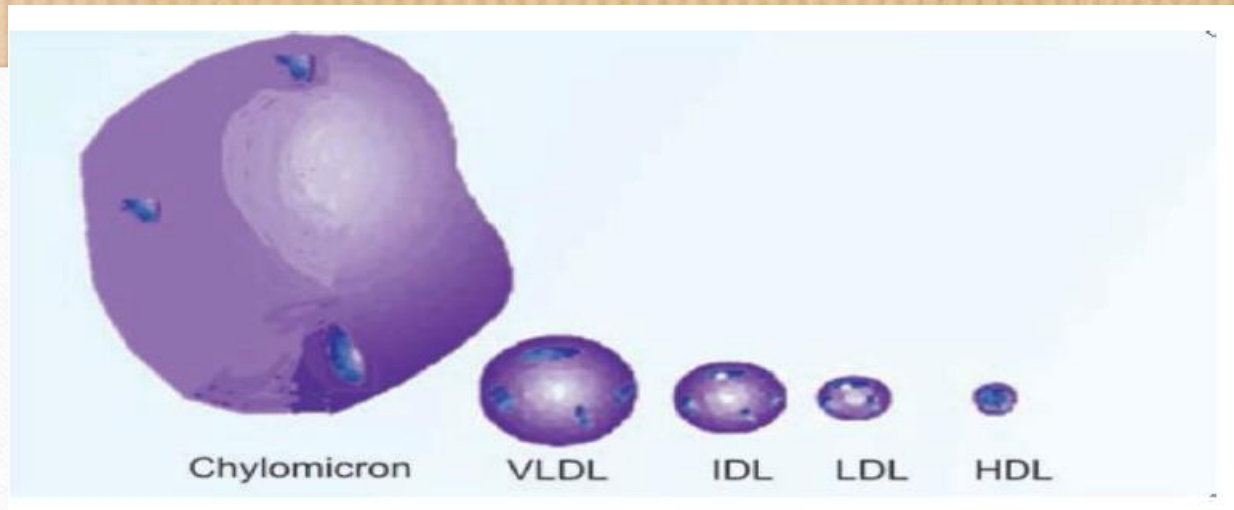
٣- الدهون البروتينية منخفضة الكثافة جدا (VLDL) Very low density lipo protein

تقوم بنقل الدهون المتعادلة من الكبد والامعاء الى الانسجة الاخرى .

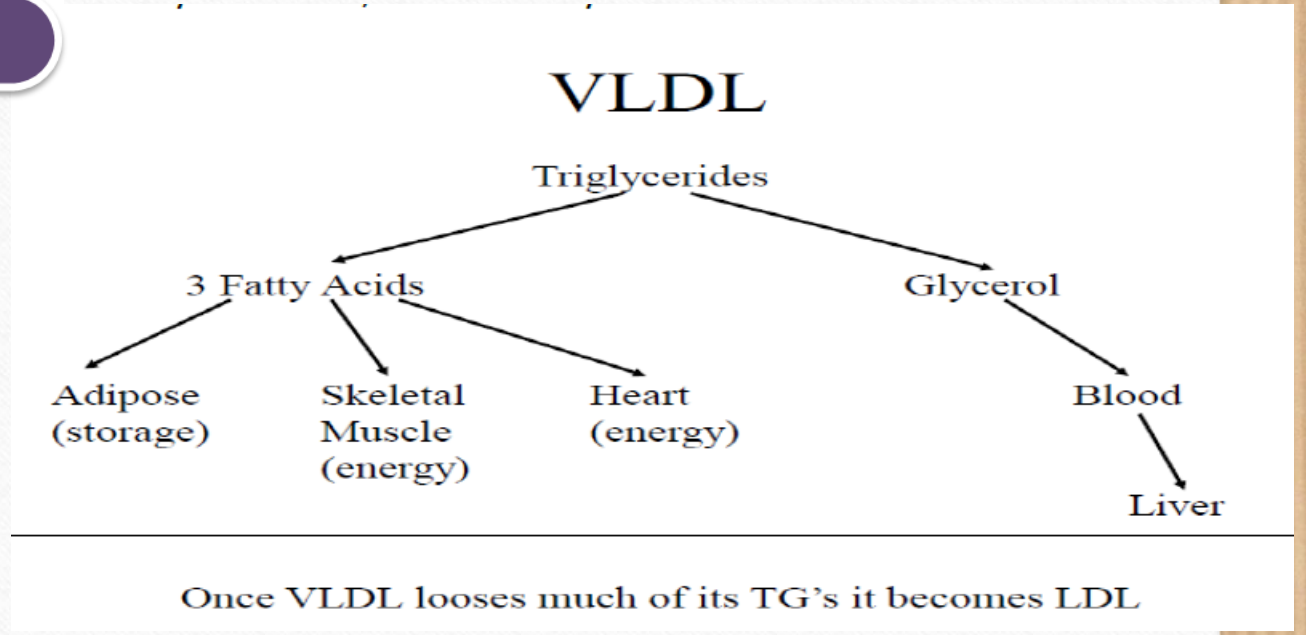
٤- الدقائق الكيلوسية chylmicronse

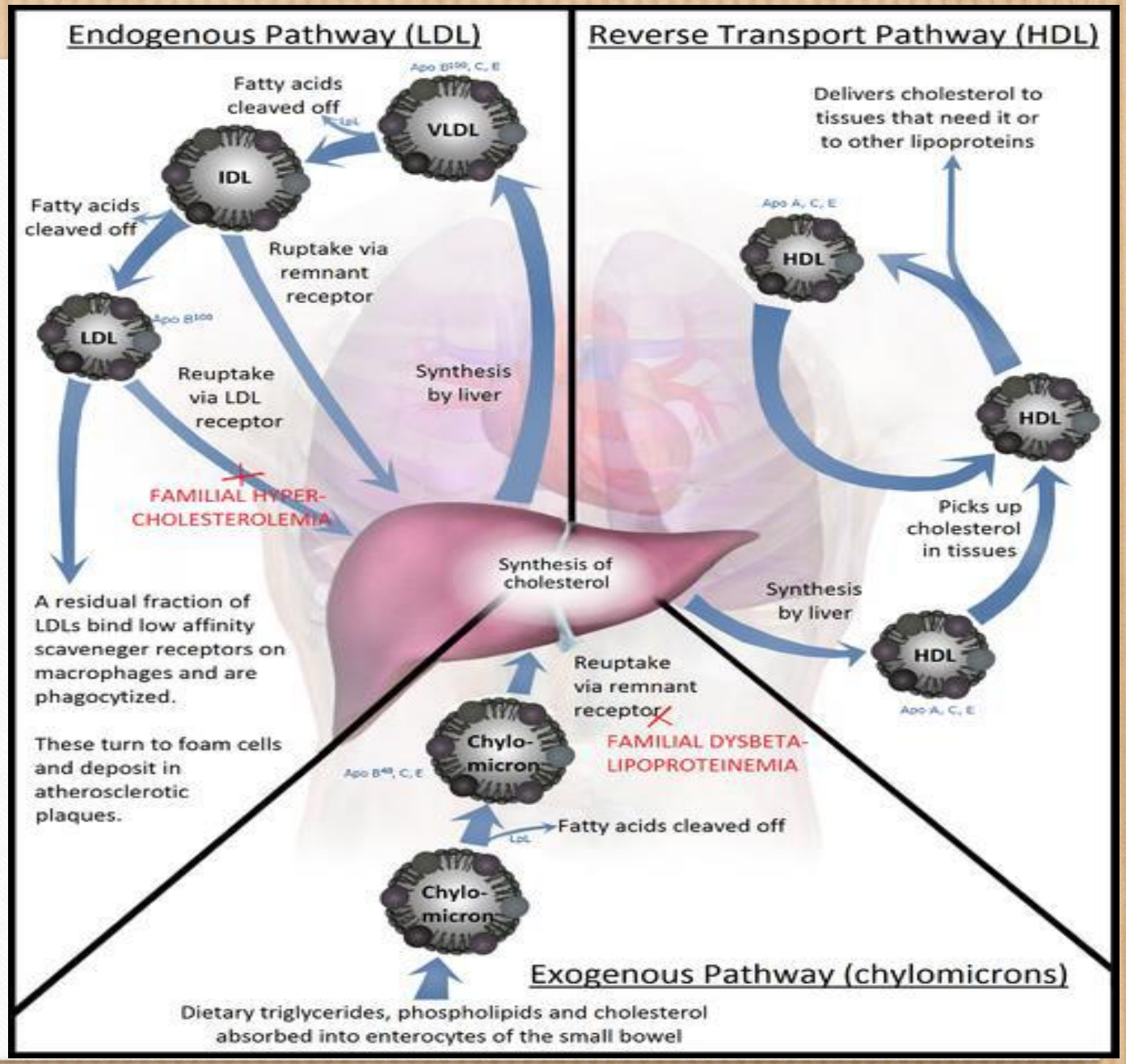
تسمى الكيلومكرونات تقوم بنقل الدهون المتعادلة الغذائية من الامعاء الدقيقة الى الكبد والانسجة الاخرى.





- ✓Chylomicrons
- ✓Very low density lipoprotein (VLDL)
- ✓Low density lipoprotein (LDL)
- ✓High density lipoprotein (HDL)





أماكن تشكل البروتينات الدهنية وانتقالها