جامعة حماه

كلية الطب البيطري

السنة الثانية

مادة : الكيمياء الحيوية الطبية (1) **د. عدنان الحموي**

محاضرة : **الشحوم**-Lipids **(2019-2018)**

الشحوم :هي مركبات كيميائية غير متجانسة ، تتوافق على الخصائص الفيزيائية ، أكثر من توافقها على الخصائص الكيميائية .

الأهمية الحيوية للشحوم :

1. عمل كعازل حراري حول العديد من أعضاء الجسم ، ومثال ذلك النسيج الشحمي تحت الجلد ، والنسيج المحيط ببعض الأحشاء كالكليتين .
2. تعمل كعازل ميكيانيكي .
3. تعمل كعازل كهربائي ، وأبرز مثال على ذلك الأعصاب المغمدة بالنخاعين الذي يقوم بعزلها عما جاورها ، ويسرع نفاذ السيالة العصبية فيها .
4. تدخل في بنية المادة الحية ، وبخاصة في بنية الغشاء الخلوي، وتزداد نسبة المكونات الشحمية في بعض النسج ، كالنسيج العصبي .
5. تعد مصدراً للعديد من المركبات الهامة للجسم على سبيل المثال :الكولسترول طليعة للهرمونات ، وبخاصة الهرمونات الجنسيةو الفيتامين د و الحموض والأملاح الصفراوية .
6. من أهم مصادر الطاقة في جسم الإنسان فكل 1غ من الشحميات يعطي 9 كيلو كالوري / مول ، في حين أن غراماً واحداً من السكريات أو البروتينات يعطي 4 كيلو كالوري / مول فقط من الطاقة .

تصنيف الشحوم

تصنف الشحوم إلى ثلاث صفوف :

الصف الأول :الشحوم البسيطة: *تتضمن الشحوم الثلاثية(ثلاثي أسيل الغليسرول) والشمع .*

الصف الثاني : الشحوم المعقدة (المختلطة) : *تتضمن كلا مما يلي :*

- الشحوم الفوسفورية .
- الشحوم السكرية .

الصف الثالث : الستروئيدات : تضم الستيرولات.

الصف الأول الشحوم البسيطة: مركبات عضوية (إسترات الحموض الدسمة (الدهنية) مع الأغوال (الكحولات) المختلفة .

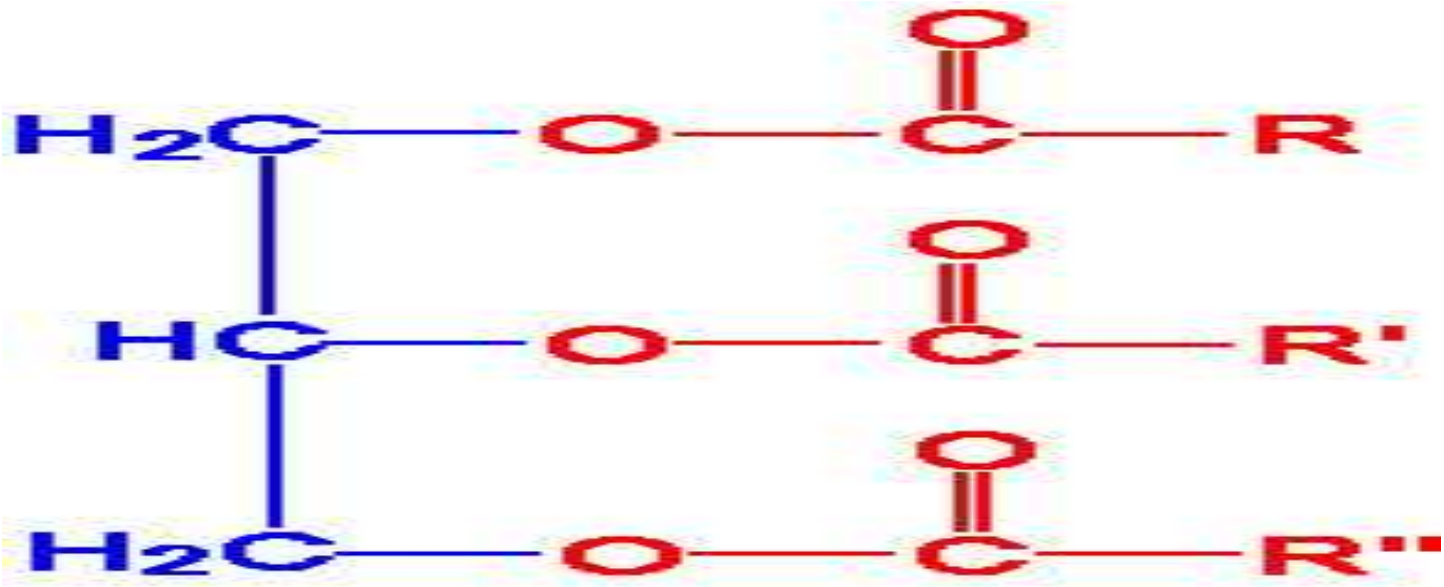
وتضم :

1-الشحوم الثلاثية .

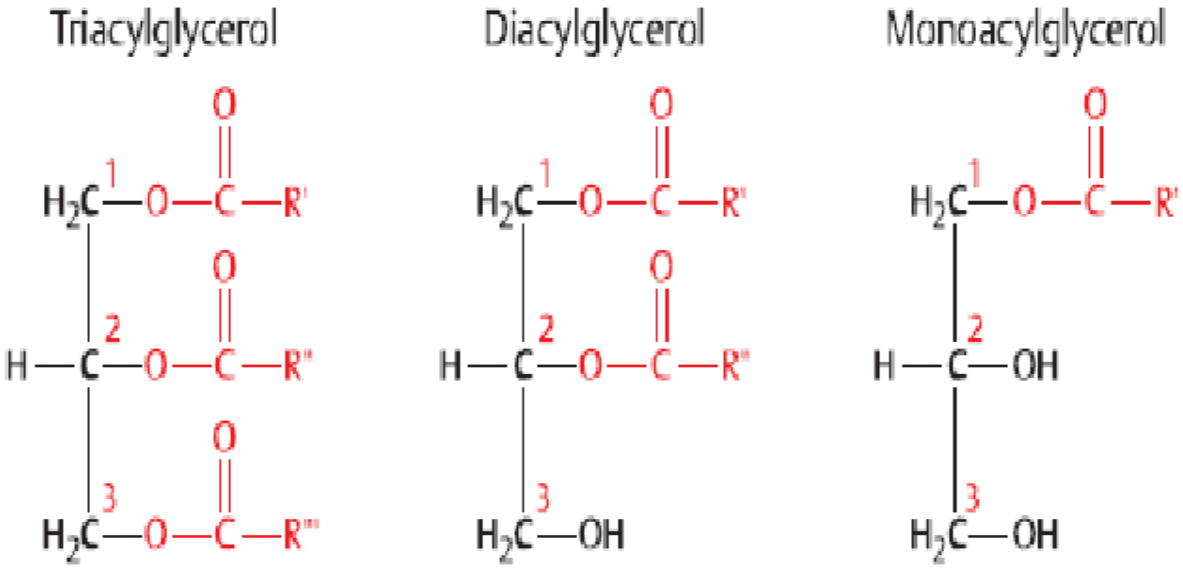
2-الشمع.

<u>الشحوم الثلاثية:</u> حزئية كارها للماء ،عبارة عن إستر مكون من : غليسرول + ثلاثة حموض دسمة . تتوضع داخل الخلايا(بالسيتوزول) وخاصة الخلايا الشمية للأنسجة الشحمية بالجسم .

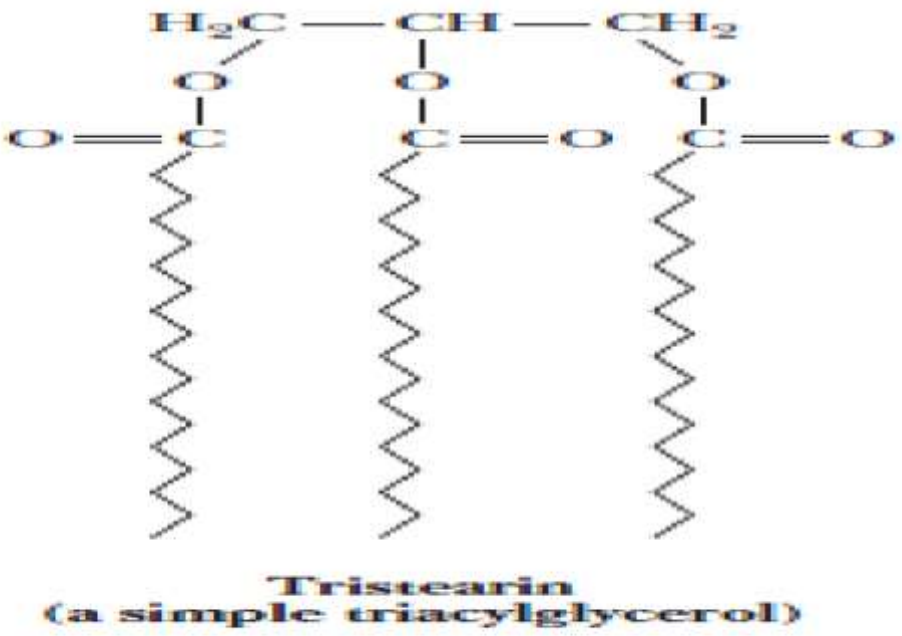
يوضح المخطط الأتي الصيغة العامة للشحوم الثلاثية (ثلاثي أسيل الغليسرول).



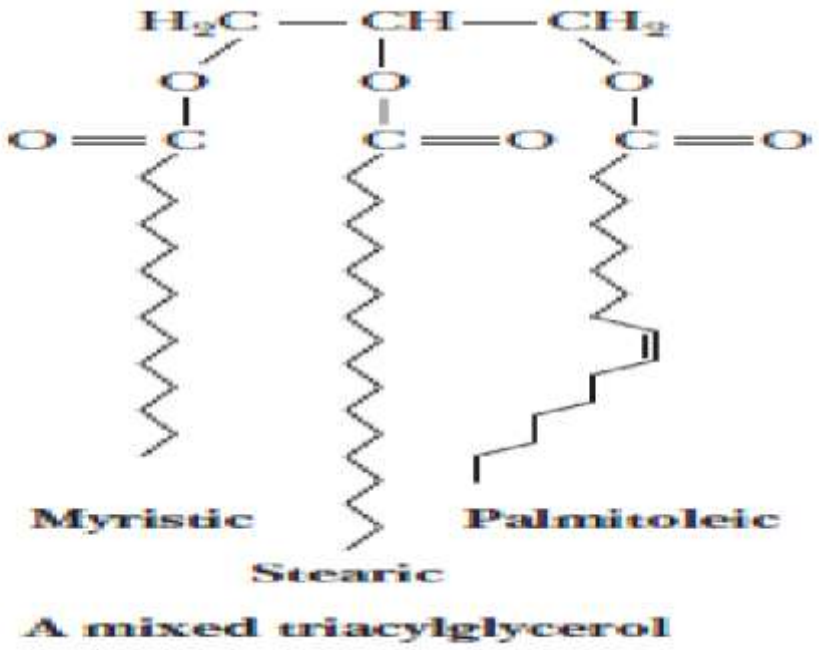
إذا ارتبط الغليسرول مع حمض دسم واحد تشكل ما يسمى بـــ أحادي أسيل الغليسرول ، وإذا ارتبط مع اثنين تشكل ثنائي أسيل الغليسرول ، وإذا ارتبط مع ثلاثة تشكل ثلاثي أسيل الغليسرول ، أو ما يسمى بالشحوم الثلاثية :المخطط الأتي يوضح ذلك :



تختلف الشحوم الثلاثية عن بعضها البعض بنوعية الحموض الدسمة الداخلة بتركيبها .
فالقليل منها يحتوي على نفس الحمض الدسم في المواقع الثلاثة ، فعلى سبيل المثال اذاكانت الحموض الدسمة الثلاثة هي من نوع واحد ،نسميها الغليسيريدات البسيطة مثال: اذا كانت الحموض الدسمة الثلاثة من نوع حمض الستياريك ،نسميه بثلاثي الستيارين Tristearin .



معظم الشحوم الثلاثية هي غير متجانسة ، (تضم اكثر من نوع من الحموض الدسمة) ، نسميها الغليسيريدات الثلاثية المختلطة:



دورها الأساسي : تعتبر شحوم ادخارية او الشكل التخزيني للحموض الدسمة في الخلايا الدهنية (النسيج الشحمي ،تحت الجلد والغد الثدية)

الشمع : إستر مكون من : غول أحادي الهيدروكسيل ذو وزن جزئي مرتفع + حمض دسم ذو سلسلة طويلة .

مصدرها حيواني ونباتي مثال عنها شمع الأذن. نناقش الان مكونات الشحوم الثلاثية : وهي

أولا الحموض الدسمة: *تشكل الحموض الدسمة الجزء الأساسي للشحوم البسيطة والمعقدة*

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 .

و الصيغة المجملة للحمض الدسم : $CH_3\text{-}(CH_2)n\text{-}COOH$ ، أما صيغته المنشورة فهي :

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 2-30 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 1 ، وينتهي الترقيم بكربون الزمرة المتيلية ، فمثلاً لو كان لدينا حمض دسم يحتوي على 18 ذرة كربون ، لأخذ كربون الكربوكسيل الرقم 1 ، وكربون الميثيل الرقم 18 .

تصنيف الحموض الدسمة : تصنف بحسب نوع الروابط فيها إلى :

1. حموض دسمة مشبعة Saturated fatty acids ، جميع الروابط فيها مشبعة بسيطة(أحادية) .
2. حموض دسمة غير مشبعة Unsaturated ، تحتوي على روابط غير مشبعة مزدوجة(مضاعفة) ، وهذه بدورها تقسم إلى :

- حموض دسمة أحادية اللأشباع Monounsaturated ، تحتوي على رابطة مضاعفة واحدة بالاضافة للروابط البسيطة.
- حموض دسمة عديدة اللأشباع Polyunsaturated ، تحتوي على عدة روابط مضاعفة بالاضافة للروابط البسيطة.

تسمية 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 9 ، ونرمز الحمض على الشكل .9 ; 1 : 18 أو 18 : 1 ؛ 9 .

-ن**ظام الترقيم أوميغا :** وهي خاصة بتسمية الحموض الدسمة الغير مشبعة تعتمد التسمية على موضع الرابطة المضاعفة من كربون مثيل لـ$CH3$ الطرفي .وبالتالي لدينا الحموض الدسمة أوميغا 6 , 3 هما بالترتيب حمض اللينوليئك وحمض اللينولينيك وأخرين .

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأحماض الدسمة

- 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) .

1- . 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 .

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

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

مثال توضيحي : لدينا الحمض الدسم الغير المشبع التالي والمحتوي على 18 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 120 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 :

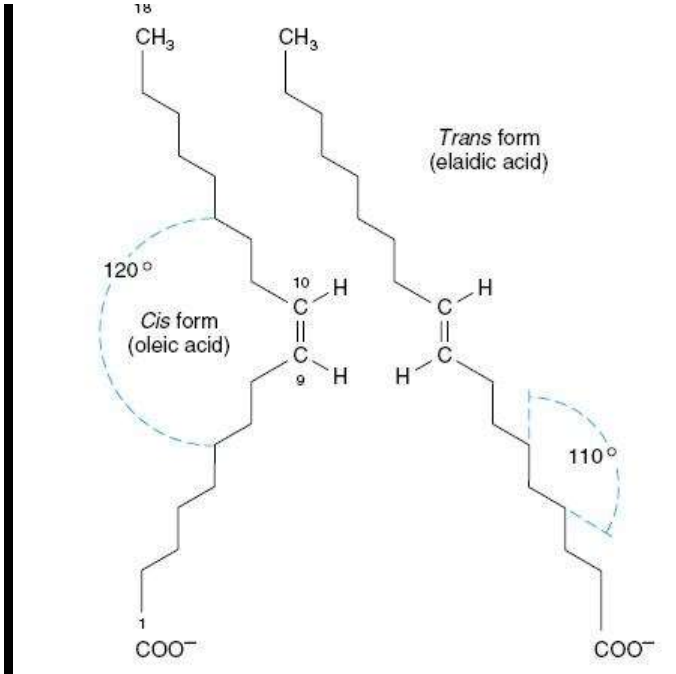


Figure 14–5. Geometric isomerism of Δ^9, 18:1 fatty acids (oleic and elaidic acids).

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

الحموض الدسمة المشبعة

من أهم **الحموض الدسمة المشبعة**:.

- حمض الميريستيك (حمض جوزة الطيب Myristic) : 14 ذرة كربون .
- حمض النخيل (البالمتيك Palmitic) : 16 ذرة كربون .
- حمض الشمع (الستياريك Stearic) : 18 ذرة كربون.
- **الحموض الدسمة غير المشبعة**

أ ــ **الحموض الدسمة أحادية اللاشباع** ، معظمها من النوع المقرون :

- حمض الأوليئيك (حمض الزيت Oleic) : 18 : 1 ؛ 9 .
- حمض الإلايديك (حمض الزيتون Elaidic) : 18 : 1 ؛ 9 . (مفروق) .

ب ــ **الحموض الدسمة عديدة اللأشباع (الضرورية):**

- حمض اللينولـــيـــئـــيـــك (حمض زيت الكتان Linoleic) : 18 : 2 ؛ 9 . 12 .
- حمض اللينولـــيـــنـــيـــك (حمض بذر الكتان Linolenic) : 18 : 3 ؛ 9 . 12 . 15 .
- حمض الأراكيدونيك (حمض الفســـتق الســـوداني Arachidonic) : 20 : 4 ؛ 5 . 8 . 11 . 14 ، يسمى أيضاً حمض الأرا كيددونيك .

الجدولين الاتيين يوضح الصيغ العامة والتفصيلة للحموض الدسمة وشكل أنطواء السلاسل الهيدروكربونية :

A. Carboxylic acids

Name	Number of carbons : Number of double bonds; Position of double bonds
Formic acid	1 : 0
Acetic acid	2 : 0
Propionic acid	3 : 0
Butyric acid	4 : 0
Valerianic acid	5 : 0
Caproic acid	6 : 0
Caprylic acid	8 : 0
Capric acid	10 : 0
Lauric acid	12 : 0
Myristic acid	14 : 0
Palmitic acid	16 : 0
Stearic acid	18 : 0
Oleic acid	18 : 1; 9
Linoleic acid	18 : 2; 9,12
Linolenic acid	18 : 3; 9,12,15
Arachidic acid	20 : 0
Arachidonic acid	20 : 4; 5,8,11,14
Behenic acid	22 : 0
Erucic acid	22 : 1; 13
Lignoceric acid	24 : 0
Nervonic acid	24 : 1; 15

Not contained in lipids

$HOOC-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

Caproic acid

Essential in human nutrition

ثانياً : الأغوال

ـــاهم الأغوال الداخلة في تركيب المواد الدسمة: لدينا نوعين من الاغوال وهما :

1. **الغليسرول : غول ثلاثي الهيدروكســـيل** $CH_2OH\text{-}CHOH\text{-}CH_2OH$ ، وهـــو ذواب فـــي المـــاء، لايحتاج الى ناقل .
2. **السفينغوزين :** وهو غو اميني . تشبه بنيته حمض النخيل ويحتوي زمرة أمينية و زمر هيدروكسلية

ثانيا – الشحوم المعقدة(المتخلطة) :

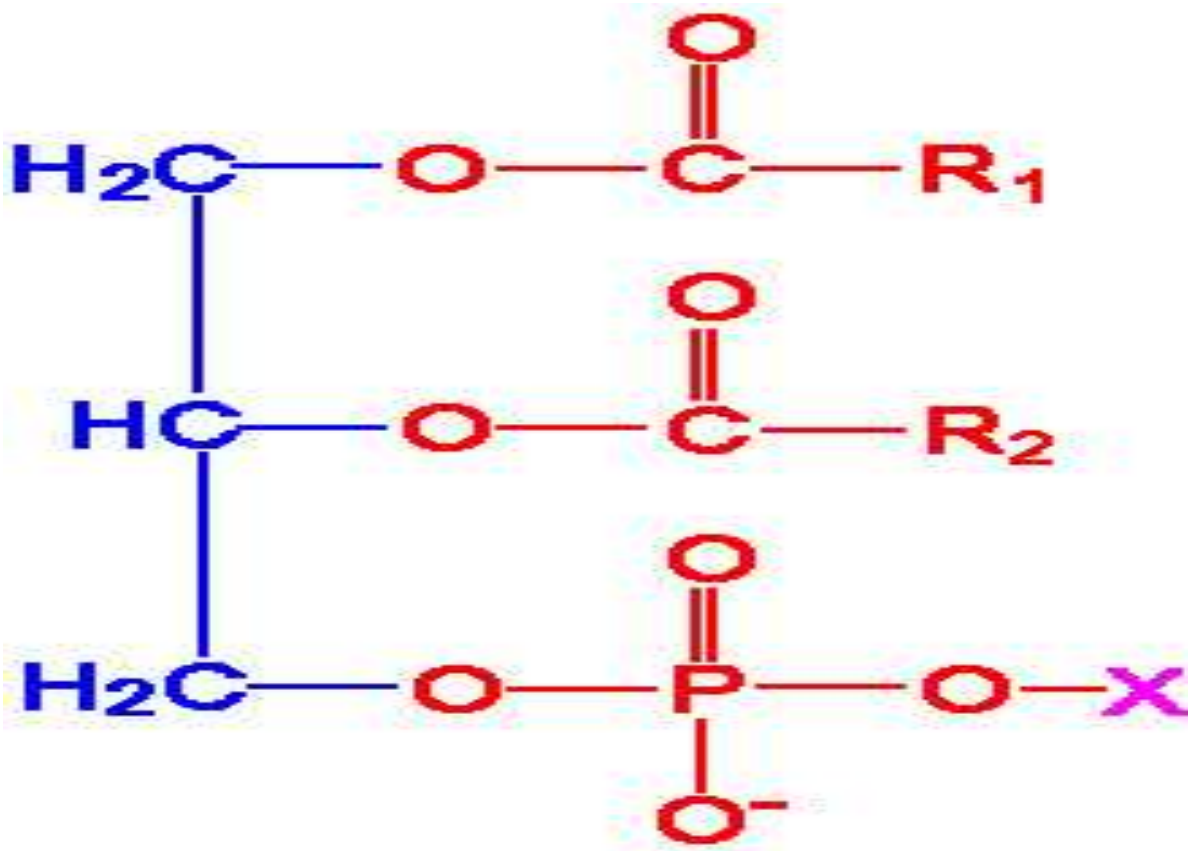
1- الشحوم الفوسفورية (phospholipids):

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

1- الشحوم الفوسفورية الغليسيرية (Glycerophoshlipids).

2- الشحوم الفوسفورية السفيغولية (Sphiongo Phodhlipids).

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



تتألف بنيتها بشكل عام من:

1-حمضين دسمين 2- الغليسيرول 3- حمض الفوسفوري 4- الأساس 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

1- فوسفاتيديل الكولين (Phosphatidylcholines) (الليستين Lecithin):

يتكون من الغليسيرول + حمض الفوسفور + حمضين دسمين + الكولين

- الكولين :يعتبر هاما في النقل العصبي (يدخل في بنية الاسيتيل كولين).

من أكثر الشحوم الفوسفورية انتشاراً في غشاء الخية وتعد المخزون الكبير للكولين في الجسم، وايضاً مخزنا لزمر الميثيل.

- ملاحظة: معظم الشحوم الفوسفورية تحتوي على الجذر الاسيلي المشبع في الموضع الاول وعلى الجذر الاسيلي غير مشبع في الموقع الثاني من الغليسيرول.

2- فوسفاتيديل الايتانول أمين (السيفالين):

يتكون 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.

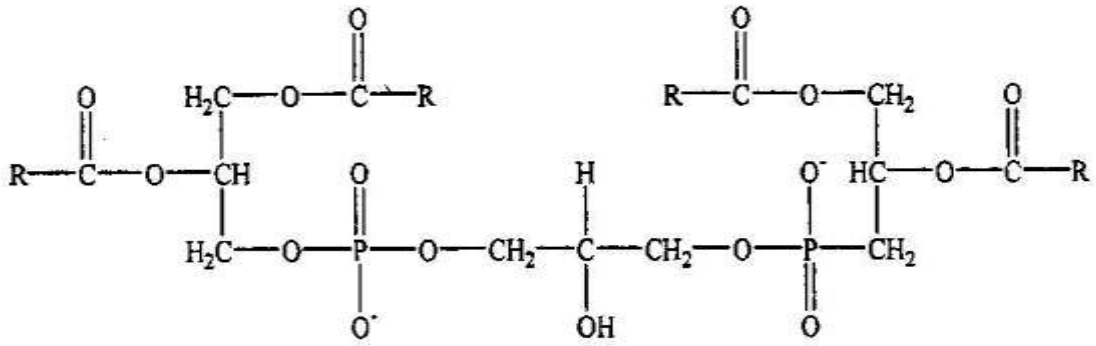
3- فوسفاتيديل الاينوزيتول:

يتكون من الغليسيرول + حمض الفوسفور + حمضين دسمين + اينوزيتول.

يساهم بدور المراسل الثاني في الفعل الهرموني، لبعض الهرمونات فعندما يتعرض المركب السابق للتأثير الهرموني يشطر الى المكونين التاليين:الغليسريد الثاني + اينوزيتول ثلاثي الفوسفات، كل منها يعمل كأشارة داخلية.

- الكارديولبين (Cardiolipin):

- هو غليسرول ثنائي الفوسفاتيديل.



يوجد بكميات هامة في الغشاء الداخلي للمتقدرات، وعزل بشكل رئيسي من النسج القلبي.

المركبات المشتقة من الشحوم الفوسفورية الغبيسيرينة وهي :

1-البلاسمالوجينات (Plasmalogens):

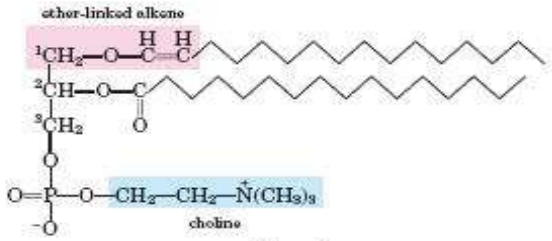
تتواجد في الدماغ والعضلات وتشكل (15%) من الشحميات الفوسفورية في الدماغ والعضلات.

يتكون البلاسمالوجين من 1- الكينل 2- الحمض الدسم 3- فوسفوالاساس الازوتي . يحتوي على رابطة الأثيرية بدلاً من الاستيرية بالموقع الأول . مثال : بلاسمالوجين الليستين يتكون من 1- الكينل 2- الحمض الدسم 3- فوسفوالكولين .

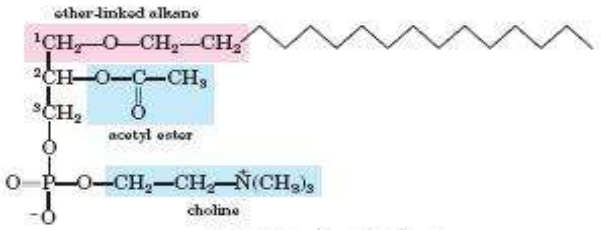
من البلاسمالوجينات : **العامل المنشط للصفيحات الدموية (platelet activating Factor) (PAF)**

يتكون من 1:- الكيل 2 – استيل – 3-فوسفو الكولين . من أكثر الجزئيات الحيوية القوية يؤثر حتى بمستوى منخفض يصل الى 10 قوة 12 مول / ل . يفرز من قبل مجموعة واسعة من الخلايا يساهم في الخثار و الألتهاب الحاد(يفعل الخلايا الألتهابية) (وسيط كيميائي يمتلك وظيفيتين فيزيولوجيتين هنا:

1- تخفيض ضغط الدم وتنشيط الصفيحات الدموية مؤدياً لتجمعها.



Plasmalogen

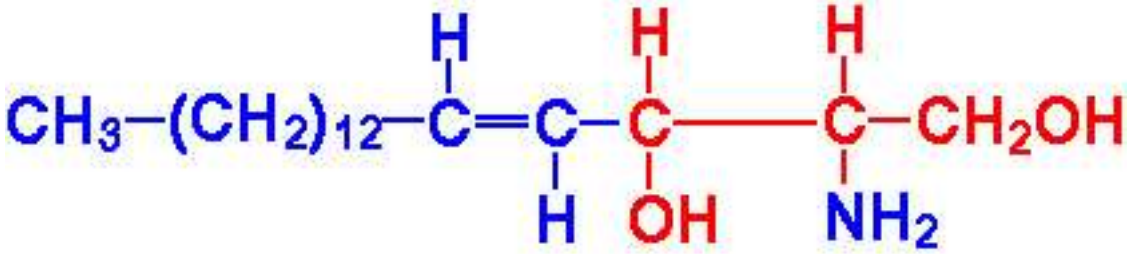


Platelet-activating factor

FIGURE 10–9 Ether lipids. Plasmalogens have an ether-linked alkenyl chain where most glycerophospholipids have an ester-linked fatty acid (compare Fig. 10–8). Platelet-activating factor has a long ether-linked alkyl chain at C-1 of glycerol, but C-2 is ester-linked to acetic acid, which makes the compound much more water-soluble than most glycerophospholipids and plasmalogens. The head-group alcohol is choline in plasmalogens and in platelet-activating factor.

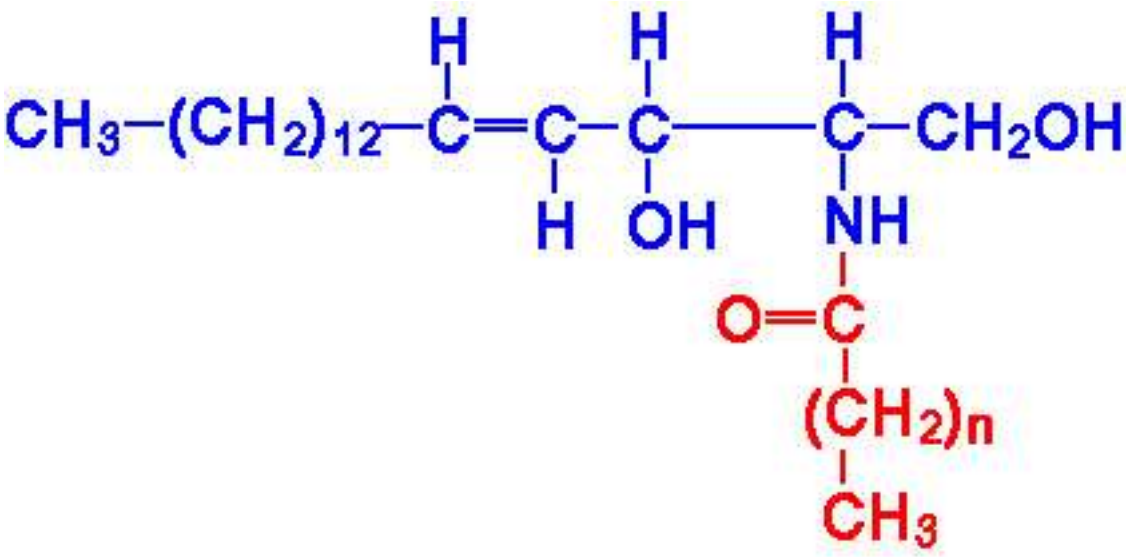
2- الشحوم الفوسفورية السفينغولية (Sphilngo Phosphlipids):

تشتمل هذه المركبات في بنيتها على الغول المسمى السفنغوزين وهوعبارة عن غول أميني + حمض الفوسفور + الكولين). وهذه صيغته العامة :



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.

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



Ceramide

تختلف مركبات السفنغوميلين بأختلاف نوع الحمض الدسم في تركيبه.

توجد السفنغوميلينات بكميات كبيرة في الدماغ والنسيج العصبي (بنية العصبونات للخلايا العصبية) تتواجد في غمد النخاعين الى جانب كلا من الليستين والسيفالين والكوليسترول.

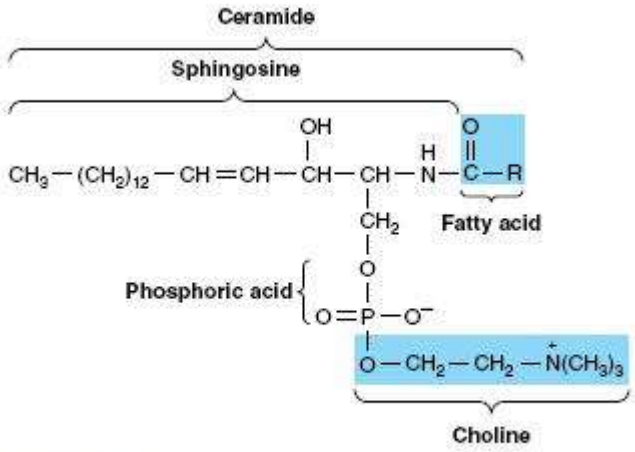


Figure 14–11. A sphingomyelin.

2- الشحوم السكرية (Glycolipids):

إن معظم الشحوم السكرية المتواجدة في نسج الجسم هي شحوم سفنغولية سكرية (شحيمات سيفنغولية سكرية). تتوزع في كل النسج وبشكل خاص في النسج العصبي (الدماغ)، كما تتوزع ايضاً في الوريقة الخارجية للغشاء المصوري حيث تساهم في كربوهيدرات سطح الخلية. وحسب البنية تقسم الى:

-**الشحوم السكرية البسيطة:**تتكون من السفنغوزين + الحمض الدسم + جزئية السكر.

أبسط شحمتين هما:

- **غلاكتوزيل السراميد (جزئية السكر هي الغلاكتوز):**

- **غلوكوزيل السراميد (جزئية السكر هي الغلوكوز)**

وهما من الشحوم السفنعولية السكرية وتسمى الشحوم السكرية السابقة بالسيربروزيدات Cerebrosides) .
يتواجد سيربروزيد (غالاكتوزيل السراميد) بشكل رئيسي في الدماغ والنسيج العصبية.وبكميات قليلة في النسج خارج عصبية .

اما سيربروزيد (غلوكوزيل السراميد) فيتواجد بشكل رئيسي في النسج خارج عصبية، كما يتواجد في الدماغ بنسب قليلة.

- **<u>سلفوغالاكتوزيل السراميد:</u>**

عند سلفنة (كبرتة) السيروبروزيد السابق بثمالة كبريتية فهذا الأخير يتواجد بكميات كبيرة في غمد النخاعين.

- **<u>الغلوبوزيدات (Globoside):</u>**

تشتمل في بنيتها على أكثر من جزئية سكر بالمقارنة مع السيروبرونيدات.

2-الشحوم السكرية الحمضية:

- **<u>القنغليوزيدات (Gangliasides):</u>**

تشتق من غلوكوريل السراميد وتشبه في بنيتها الغلوبوزيدات ما عدا احتوائها على جزيئة أو أكثر من حمض السياليك (حمض النورأمينيك). وهو الحمض السياليك الرئيسي الذي يوجد في النسج البشرية.

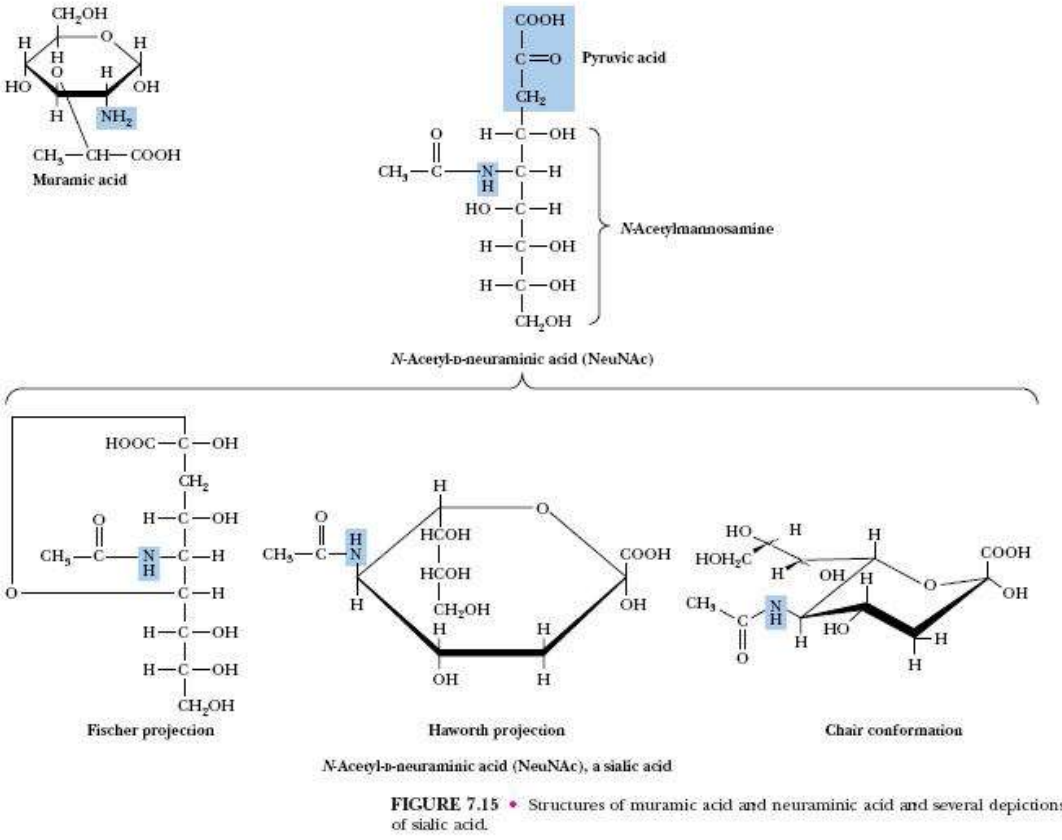


FIGURE 7.15 • Structures of muramic acid and neuraminic acid and several depictions of sialic acid.

- تتواجد في مختلف انحاء الجسم . ايسطها GM3: مكون السيراميد + غلوكوز+ غالاكتوز + جزئية واحدة من حمض السياليك .

- الاكثر تعقيدا GM1 ، مثال مستقبلة ذيفان الكوليرا في امعاء الجسم .

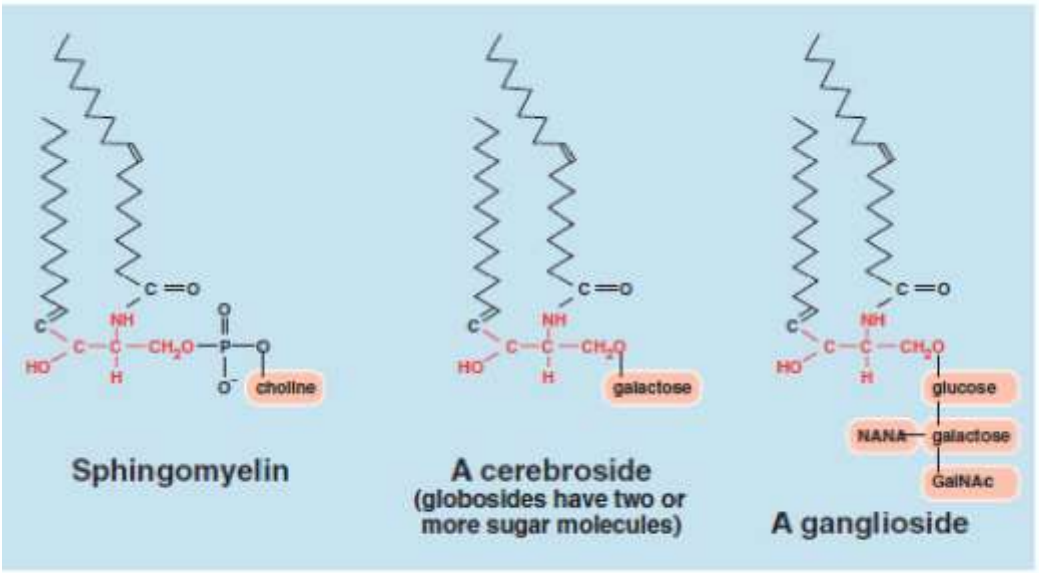
تسمى الغنلوزيدات بحسب عدد جزيئات حمض السياليك فمثلاً.

(GM) يدل على أن هذا المركب يحتوي جزيئة واحدة من الحمض.

دي (GD) يدل على أن هذا المركب يحتوي على (2) جزئية من الحمض.

تري (GT) يدل على هذا المركب يحتوي (3) جزئية من الحمض.

يوضح الجدول الاتي دور السيراميد في بنية الشحوم السفنغولية الفوسفورية والسكرية :



- **<u>الزمر الدموية</u>** :
- اشهر الذمر الدموية هي

ABO , Rh.

- شحميات سكرية سفنغولية معقدة ، H ، السلف لكل من من الزمرتين A . B
- السكر السائد مناعيا هو :
- 1- **الغالاكتوز.**
- 2- **N- اسيتيل غالاكتوز امين**

1- الزمرة الدموية B تشتمل على السكرالنهائي غالاكتوز.

2- الزمرة الدموية A تشتمل على مشتق النهائي السكر N- اسيتيل .غالاكتوز امين .

يتكون السلف H من .Ceramid- Glc-GaL- GalNc-GaL

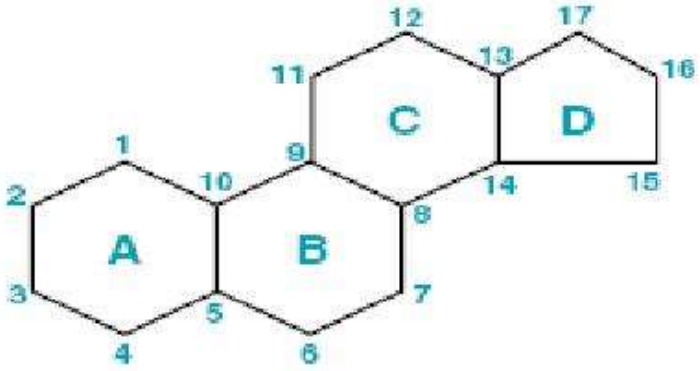
FUc

الارتباط بين الغالاكتوز النهائي للزمرة B ، والسلف H

- هي الفا (1– 3).
- الارتباط بين N– اسيتيل .غالاكتوز امين .
- النهائي للزمرة A، والسلف H
- هي الفا (1– 3).

ثالثا–الستيروئيدات :

عبارة عن مركبات غير متجانسة لكونها تشتمل على حلقات سداسية و حلقة خماسية ، تشكل الحلقات السداسية A,B,C ما يسمى االفناتترين phenantrene مرتبط مع البنتان الحلقي D ، وهنا نصل إلى الستيروئيدات حيث تكون الروابط مشبعة.



لكل حلقة من حلقات الكربون السداسية السابقة التي تشكل نواة الستيروئيدات هيئة فراغية ثلاثية الأبعاد (إما بشكل الكرسي أو القارب)

في معظم الستيروئيدات الطبيعية توجد كل الحلقات بشكل الكرسي ، من ناحية أخرى يمكن أن تكون الحلقات بالنسبة لبعضها البعض بشكل cis (مقرون) أو (مفروق) TRANS.

على سبيل المثال فأن A,B يمكنهم الأتصال أما بشكل مقرون او مفروق أما بين B و C يكون من النمط المفروق وبين Cو D يكون أيضا من النمط المفروق.

يشار الى الروابط التي تصل الزمر البديلة فوق مستوى الحلقات بخطوط غامقة متصلة (B) بينما يشار الى الروابط التي تربط الزمر تحت الحلقات بخطوط متقطعة (الفا). المخطط الأتي يوضح ذلك :

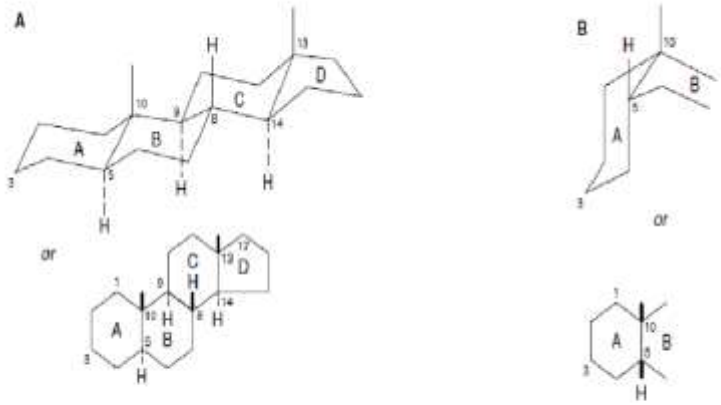


Figure 14–16. Generalized steroid nucleus, showing (**A**) an all-*trans* configuration between adjacent rings and (**B**) a *cis* configuration between rings A and B.

الكوليسترول :

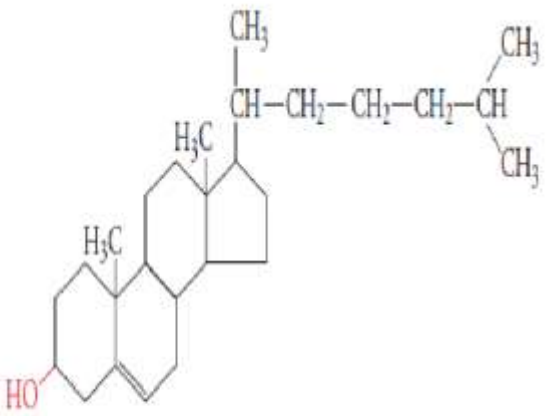
غول ستيروئيدي ، يتكون من 27 ذرة كربون ، يحتوي على زمرة هيدروكسيلية واحدة في الموضع 3 من الحلقة الأولى

يحتوي على رابطة مضاعفة واحدة بالحلقة الثانية مابين ذرتي الكربون 5و 6 .

جزئية أمفيباتية (مكون من مستوين : الأول قطبي ممثلا بالزمرة OH والثاني لاقطبي كاره للماء).

يصطنع الكولسترول من قبل جميع خلايا الجسم لكن يصطنع في الكبد بشكل رئيسي .

four-ring molecule:



Cholesterol

Cholesterol is an important component of membranes and is also a metabolic precursor of steroid hormones such as estrogen and testosterone.

ـــــ يدخل في بنية كل خلايا الجسم و بشكل خاص النسيج العصبي و الغشاء المصوري و البروتينات الشحمية (مقوم أساسي للأغشية)

ـــــ الطليعة الأساسية لـــــ :

- الحموض الصفراوية ، أملاح الصفراء .
- هرمونات قشر الكظر (الألدوسترون ، الكورتيزول)
- الهرمونات الجنسية (الأستروجين ، البروجسترون)

ـــــ طليعة الفيتامين D .

ـــــ هو الستيروئيد الأساسي الذي له علاقة بالتصلب العصيدي .

تواجده بالجسم :

يتواجد بشكلين : 1ـــــ الحر 2 ـــــ المؤستر

معظم الكولسترول المصلي هو من النوع المؤستر (يرتبط حمض دسم بالكربون رقم 3 بواسطة OH) الذي يجعل البنية أكثر ثبات أما الشكل الحر فيتواجد في :

ـــــ الدماغ ، الكريات الحمراء (أغشية الدماغ و الكريات الحمراء)أيضاً في الحصبات الصفراوية (المرارية) لكون الجسم يتخلص من الفائض منه عن طريق الكبد لذلك يترسب على شكل بللورات في الحويصل الصفراوي .

نقله :

يتم نقله عن طريق ناقلين (بروتيينات شحمية) وهما البروتين الشحمي منخفض الكثافة LDL (الكولسترول السئي) والبروتين الشحمي مرتفع الكثافة HDL (الكولسترول الجيد)

الحموض الصفراوية :

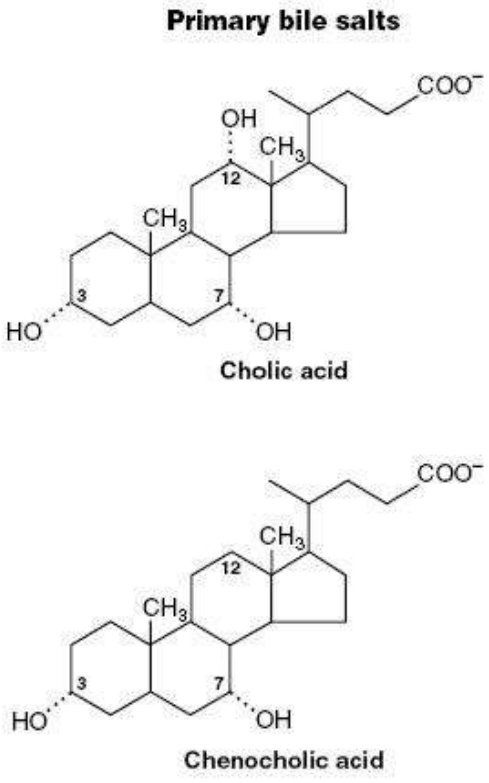
تتألف هذه الحموض من 24 ذرة كربون مع اثنان أو ثلاث زمر هيدروكسيلية و مع سلسلة جانبية تنتهي بزمرة كربوكسيلية وجميع الروابط أحادية بسيطة . ـــــ تكون غير متشردة في الـــ PH الفيزيولوجي .

ـــــ مركبات ثنائية الجانب حيث زمرها OH هي ألفا (تتوضع فوق مستوى الحلقات) و زمرها الميتيلية هي B (تتوضع تحت مستوى الحلقات) و لذلك تمتلك هذه الجزيئات وجهين قطبي ولا قطبي ، و بالتالي تعمل كعوامل مستحلبة في الأمعاء .

الحموض و الأملاح الصفراوية .

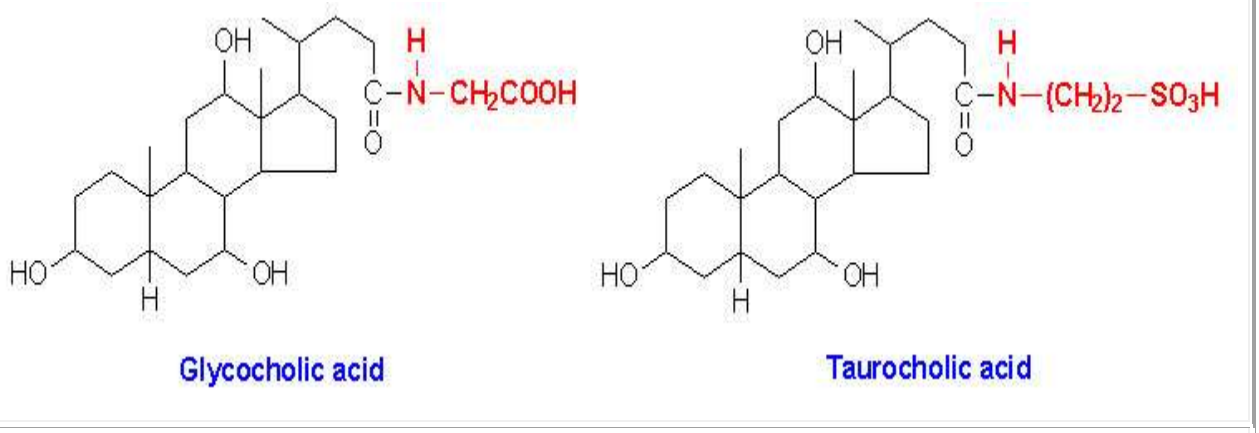
<u>الأملاح الصفراوية :</u> .

حيث تقرن مع الغليسين أو التاورين و يتم الارتباط عبر رابطة ببتيدية بين زمرة الكربوكسيل للحمض الصفراوي و زمرة الأمين للغليسين أو التاورين . تسمى نواتج عملية الاقتران بالأملاح الصفراوية و تدعى الحموض الصفراوية المشكلة لها بالحموض الصفراوية الأولية : حمض الكوليك .و حمض كينو الكوليك .



و بما أن لدينا حمضين صفراويين و مركبين قرينين فلدينا أربع مشتقات :

- ☒ غليكو حمض الكوليك : غليسين + كوليك .
- ☒ غليكو كينو حمض الكوليك : غليسين + كينو كوليك .
- ☒ تاورو حمض الكوليك : تاورين + كوليك .
- ☒ تاورو كينو حمض الكوليك : تاورين + كينو كوليك .



ج

Structure of the conjugated cholic acids

بما أن الصفراء هي خليط مائي ضمن مركبات عضوية و لا عضوية و لاحتوائها على كميات كبيرة من الصوديوم و فوسفاتيديل كولين و هي ذات pH قلوية لذلك يفترض بأن الحموض الصفراوية و مقترناتها تكون فعلياً بشكل ملحي هو الأملاح الصفراوية Bile Salts .

يمكن للصفراء أن تعبر فوراً من الكبد إلى العفج عبر القناة الصفراوية الرئيسية أو تخزن بالمرارة حتى وقت الحاجة إليها في الهضم . و إن الصفراء فقط تحوي الأشكال المقترنة من الأملاح الصفراوية .

الحموض الصفراوية الثانوية Secondary bile acid :

حموض صفراوية تتشكل في الأمعاء الدقيقة ناتجة عن نزع الهدروكسيل الفا من الموقع 7 مما يشكل الحموض الصفراوية الثانوية ، و هي ديوكسي حمض الكوليك Deoxycholic acid ، و ليتشو حمض الكوليك Lithocholic acid .