هناك عاملان مهمان لتحديد درجة صلابة وسيولة الدهن او الزيت وتحديد درجة انصهار الدهن والزيت Melting point وهذان العاملان هما طول السلسلة الكاربونية المكون منها الحامض الدهني ودرجة التشبع Degree of saturation فالاحماض الدهنية المشبعة كلما زاد طول السلسلة الكاربونية زادت درجة انصهار الدهن. فبوجود الاحماض الدهنية الطويلة السلسلة (اكثر من ١٠ ذرات كاربون) يجعل الدهن صلباً وبهذا يطلق عليه اسم الدهن او Fat. ويعرف بانه دهن عندما يكون صلباً في درجة حرارة الغرفة. وعند وجود الاحماض الدهنية القصيرة السلسلة (اقل من ١٠ ذرات كاربون) وعادة تكون طيارة وسائلة في درجة حرارة الغرفة تعطي صفة السيولة للزيت اما العامل المهم اكثر في تحديد درجة الانصهار فهي درجة التشبع. فبوجود الآصرة المزدوجة يجعل من الدهن او الزيت سائلا وبهذا يعرف الزيت Oil بأنه سائل في درجة حرارة الغرفة. فكلما زادت الاواصر المزدوجة في الاحماض الدهنية الموجودة في الزيت انخفضت درجة الانصهار وزادت سيولة الزيت (الجدول ٦- ٢).

الجدول(٦- ٢): تأثير طول السلسلة الكاربونية (عدد ذرات الكاربون) والأواصر المزدوجة على درجة سيولة وصلابة الدهن او الزيت.

الحامض الدهني	عدد ذرات الكاربون	عدد الاواصر المزدوجة	درجة الانصهار م°
بيوترك Butyric	٤	لايوجد	٥,٣-
كابرويك Caproic	٦	=	٣,٢-
كابريلك Caprylic	٨	=	١٦,٥
كابرك Capric	١٠	=	٣١,٦
لوريك Lauric	١٢	=	٤٤,٨
ميرستك Myristic	١٤	=	٥٤,٤
بالمتيك Palmitic	١٦	=	٦٢,٩
ستياريك Stearic	١٨	=	٧٠,١
اوليك Oleic	١٨	١	١٣,٤
لينوليك Linoleic	١٨	٢	٥-
لينولنك Linolenic	١٨	٣	١١-
اراكيدونك Arachidonic	٢٠	٤	٤٩,٥-

الجدول (٦– ٣) يبين فيه الأحماض الدهنية الشائعة الأكثر وجودا في الدهون والزيوت الحيوانية والنباتية. اذ ان حامض البالمتيك Palmitic acid وحامض الستباريك Stearic acid الحامضان الدهنيان المشبعان الاكثر انتشارا ووجودا في معظم الدهون والزيوت النباتية والحيوانية موازنة بغيرها من الاحماض الدهنية المشبعة. على حين يعد كل من حامض الاوليك Oleic acid وحامض اللينوليك linoleic acid من بين الأحماض الدهنية غير المشبعة الاكثر وجودا في الدهون والزيوت النباتية والحيوانية موازنين بغيرهما من الاحماض الدهنية غير المشبعة.

الجدول(٦– ٣): توزيع عدد من الاحماض الدهنية غير المشبعة موازنة بالاحماض المشبعة في عدد من المصادر الحيوانية والنباتية الشائعة.

المصدر	٪ دهن	٪ الحامض الدهني نسبة للدهن الكلي		
		الاوليك	اللينوليك	الاحماض المشبعة
الدهون الحيوانية				
الابقار	٣٧,٥	٤٣	٣ – ٠,٥	٤٨ – ٤٣
الحملان (الخراف)	٢١ ٣	٣٨	٤,٧	٥٦,٥
الخنزير		٤٢	٩,٦	٣٦,٥
السمك	,١	٢٤,٤	٠,٥	٢٤,٤
البيض	١,٥	٤٤	٨,٧	٣٥
الزبد	٨١	٣٣	٣	٥٧
الحليب المعقم	٣,٧	٣٣	٣	٥٧
الزيوت النباتية				
زيت جوز الهند	١٠٠	٦	٠,٥	٨٥
زيت الذرة	١٠٠	٢٨	٥٣	١٠
زيت بذور القطن	١٠٠	٢١	٥٠	٢٥
زيت فستق الحقل	١٠٠	٤٧	٢٩	١٨
زيت فول الصويا	١٠٠	٢٠	٥٢	١٥
زيت الزيتون	١٠٠	٧٤	٩	١٥

الاحماض الدهنية الاساس Essential Fatty Acids

من بين الاحماض الدهنية ولاسيما غير المشبعة منها أحماض دهنية اساس او ضرورية Essential Fatty acids في تغذية الانسان والحيوان ونعني بذلك عدم استطاعة جسم الانسان من تخليقها من أحماض دهنية أخرى أو اي مادة أخرى داخل جسمه وبهذا يلزم تناولها عن طريق الغذاء ليلبي حاجات الجسم منها.

لقد وجد انه إذا أعطيت الجرذان غذاءا خاليا من الدهن ظهر عليها أعراض الالتهابات الجلدية ومنها ظهور البثور والزوائد الجلدية بعد ان توقف نموها. وقد اختفت هذه الاعراض عندما اعطيت هذه الحيوانات غذاءاً يحوي الاحماض الدهنية غير المشبعة Polyunsaturated Fatty Acids ومن هذه الاحماض اللينوليك linoleic acid واللينولينك linolenic acid والاراكيدونك Arachidonic acid. بعد ذلك تم علاج الاطفال المصابين بالالتهابات الجلدية Dermatitis وظهور الاكزما eczema باعطائهم وصفات تحوي الأحماض الدهنية نفسها. وقد وجد في الفترة الاخيرة ان لهذه الأحماض أيضا اهمية كبيرة للكبار فنقصها يؤدي الى ظهور نفس الاعراض والمشاكل الجلدية ومنها تشقق وتقشر وسقوط البشرة.

لقد اثبتت البحوث والدراسات الى ان من الممكن تخليق كل من حامض اللينولينك والاراكيدونك في الجسم من حامض اللينوليك اذا كانت كمياته كافية لاحتياجات الجسم وبهذا عد حامض اللينوليك linoleic acid هو الحامض الوحيد الاساس والضروري في هذه المجموعة طالما انه يمكن تخليق بقية الاحماض الدهنية منه. وقد كان سابقا يعرف بفيتامين ف Vitamin F وتعد الصيغة التركيبية المتناظرة او المتجاورة (Cis, Cis – 9.10 – 12.13) في الحامض وفي غيره من الاحماض الدهنية الاساس هي الصيغة الأكثر أهمية من الناحية الحيوية والفسيولوجية في معالجة النقص. وكذلك في تخليق الاحماض الدهنية الاساس الاخرى.

وبهذا يجب ان تتوافر كميات معينة من الاحماض الدهنية الأساس ولاسيما حامض اللينوليك. وتقدر الاحتياجات بنحو ٧ – ١٠ غم يومياً او مايعادل ٢ – ٣٪ من جميع الطاقة المتناولة تكون على شكل حامض الينوليك جدول ٦ – ٣ يبين فيه توزيع حامض اللينوليك والاوليك موازنة بالاحماض الدهنية المشبعة الموجودة في عدد من المصادر النباتية والحيوانية الشائعة في الطبيعة وتبين فيه المصادر الغنية بهذا الحامض.

الوظائف الحيوية والفسيولوجية للاحماض الدهنية الاساس

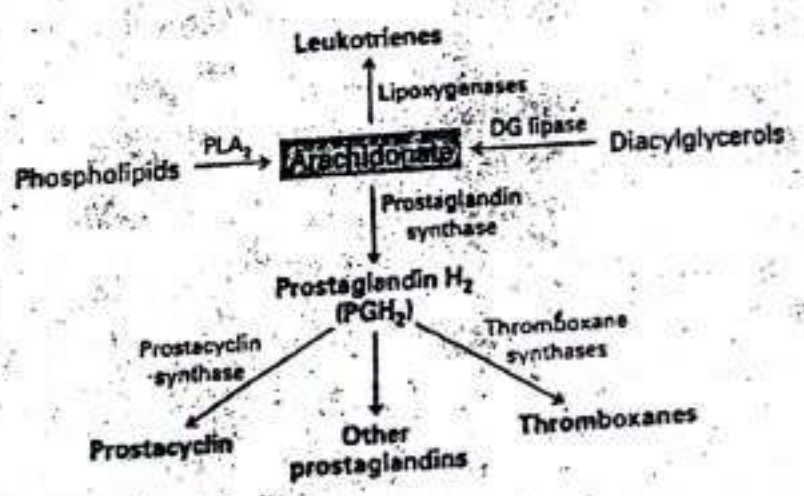
١- تعد من المركبات المهمة في تركيب جدار الخلية اذ تكون الفوسفوليبدات المكونة للجدار الخارجي والمايتوكوندريا. وكذلك تدخل في كثير من المركبات المهمة في تركيب الليبدات المركبة المذكورة سابقاً.

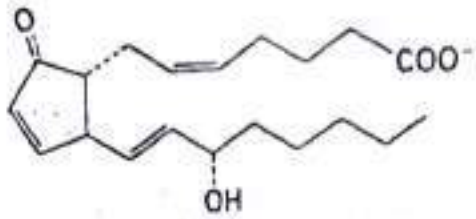
٢- تقوي جدران الاوعية الدموية وتجعلها اكثر مقاومة وتقلل نفاذيتها. وكذلك تقوى جدران الخلايا ولاسيما الجلدية منها.

٣- لقد ثبت ان عدد من الاحماض الدهنية الاساس ومنها حامض الاراكيدونك يطيل من فترة تخثر الدم ويزيد من تحلل الفايبرين Fibrin اذ يمتلك Fibrinolytic activity عالية وبهذا يكون سببا في تقليل فرص الاصابة بالجلطات Thrombus وبهذا يقلل من فرص الاصابة بأمراض القلب وتصلب الشرايين.

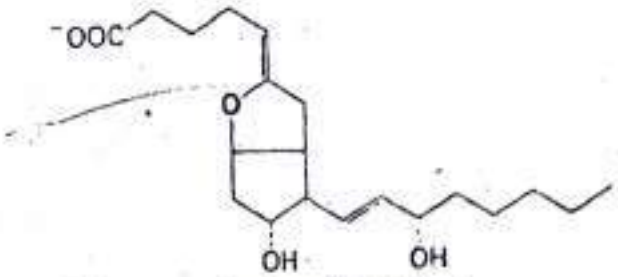
٤- تعد هذه الأحماض وخاصة حامض الاراكيدونك المادة الاولية precursor لتخليق الهورمونات مثل البروستا كلاندين Prostaglandin والثرومبوكسين Thrombox-anes واللوكترايين Leukotrienes وهي مركبات او هورمونات لها تأثيرات مختلفة في مختلف أنسجة الجسم فمثلا البروستا كلاندين يزيد افراز الغدة الدرقية ويثبط هدم الدهون ويقلل من افراز المعدة ويقلل من ضغط الدم.

٥- ان الاحماض الدهنية غير المشبعة ومنها حامض اللينوليك يحفظ من كولسترول الدم. وقد وجد ان لحامض اللينوليك دوراً مهما في نقل وتمثيل الكولسترول في الجسم. ان نقص هذه الاحماض الدهنية ولاسيما حامض اللينوليك يؤدي الى وقف نمو الفئران النامية والاطفال ويؤدي الى الالتهابات الجلدية وظهور الاكزما eczema عند الاطفال. فضلاً عن انه يؤدي الى ارتفاع الكولسترول في الكبد والدم.وجد ان الفئران تقل قدرتها على التوالد عند نقص هذه الأحماض الدهنية.

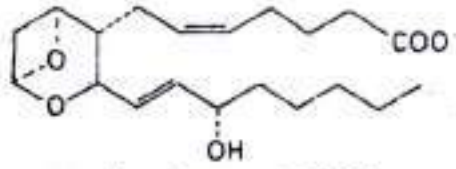




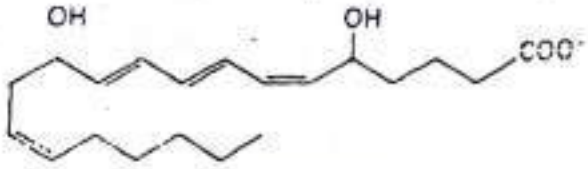
Prostaglandin A_2



Prostacyclin (PGI_2)



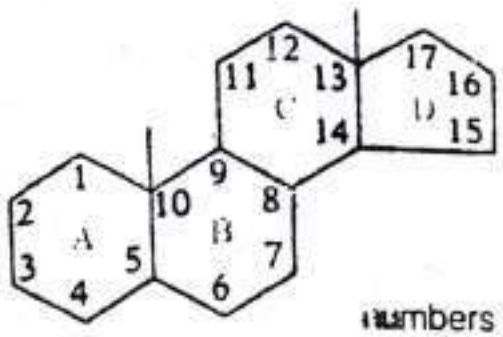
Thromboxane A_2 (TXA_2)



Leukotriene B_4

٣- الستيرويدات Steroids

وهي مجموعة من المركبات او الكحول الحلقية ذات الاوزان الجزيئية المختلفة توجد بشكل حر او متحد بالاحماض الدهنية على شكل استرات esters ويتألف التركيب الاساس لهذه المركبات من مجموعة حلقات هايدروكاربونية يطلق عليها برهيدروسايكلوبينتانو فينانثرين perhydrocyclopentano phenanthrene وتسمى المركبات التابعة لهذه المجموعة بالستيرويدات Steroids وهي تشمل مركبات مختلفة متمثلة بالفيتامينات والهرمونات واملاح الصفراء وغيرها من المركبات الشبيهة وهي كما يأتي :



Steroid nucleus:
numbers represent carbon atoms.

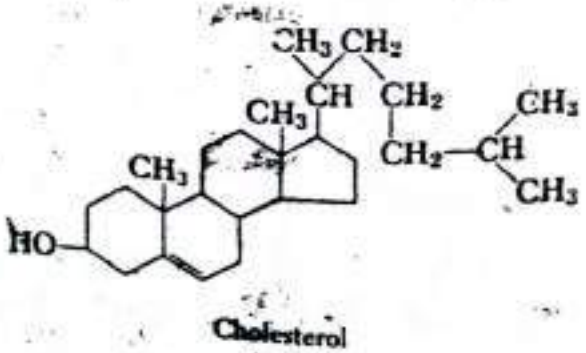
الستيرولات sterols واملاح او احماض الصفراء Bile salts الهورمونات الجنسية الذكرية والانثوية وهورمونات الادرينالين ومجموعة فيتامين D وبعض الكليكوسيدات Glycosides

الستيرولات Sterols

وهي مجموعة المركبات الستيرويدية التي تحتوي على سلسلة كاربونية جانبية طولها ٨-١٠ ذرات كاربون متصلة بذرة الكاربون او الموقع ١٧ في التركيب الحلقي ووجود مجموعة هيدروكسيل (OH) في الموقع رقم ٣ فضلاً عن وجود مجموعتين مثيل في مواقع رقم ١٠ و ١٣. توجد الستيرولات في الدهون النباتية والحيوانية اذ يطلق على الأولى بالفايتوستيرولات Phytosterols ويطلق على الثانية بالزوستيرولات Zoosterols وهناك سترولات خاصة بالفطريات يطلق عليها بالمايكوستيرولات Mycosterols واهم الستيرولات الحيوانية هو الكولسترول Cholesterol اما في النباتات فهو الارجوسترول Ergosterol.

الكولسترول Cholesterol

وهو اهم الستيرولات Sterols الشائع وجوده في الحيوانات ولاوجود له في النباتات. يتكون تركيبه من حلقات مشبعة من الفينانثرين Phenanthrene مع وجود رابطة مزدوجة Double bond بين ذرتي الكاربون المرقم ٥ و ٦.



Cholesterol

يرتبط الكولسترول في الدم بالاحماض الدهنية طويلة السلسلة وغير المشبعة مكونا استرات ويتنقل عن طريق الليبو بروتينات Lipoproteins المختلفة خلال الدم في الجسم. يوجد الكولسترول تقريبا في جميع خلايا الجسم اذ يوجد في جدار الخلايا. يوجد الكولسترول ايضا في الاعضاء الداخلية للجسم ولاسيما الكبد والكليتان كما يوجد في الدماغ بكميات كبيرة اذ تصل كمياته الى حوالي نسبة ١٧٪ من الوزن الجاف للدماغ. ويبلغ تركيز الكولسترول في الدم في الشخص الاعتيادي او الطبيعي Normal حوالي ١٥٠-٢٥٠ ملغم/١٠٠ ملتر دم. يمكن للجسم أن يصنع الكولسترول في خلاياه خاصة الكبد ويستطيع أيضا ان يطرح الكولسترول عن طريق الامعاء، حيث يمكن للجسم ان يصنع حوالي ١-٢ غرام/يوم ويتخلص من كمية بنحو ٠,١-٠,٣ غم/يوم عن طريق الجلد وبنحو ٠,٢-٠,٨ غم/يوم عن طريق البراز.

يمكن تصنيف الكولسترول الى :

١- كولسترول مصدره خارجي **Exogenous Cholesterol**

ويأتي عن طريق تناول الغذاء المحتوي على الكولسترول. حيث يتم امتصاصه بعد عملية هضم الدهون الحاوية على الكولسترول.

٢- كولسترول مصدره داخلي **Endogenous cholesterol**

وهو الكولسترول المتكون داخل الجسم. الى حد ما ان كل الانسجة الجسمية تستطيع ان تصنع الكولسترول لكن بتركيز تصنيعه في الكبد والجلد وكذلك الخلايا المبطنة للامعاء.

يبدأ تمثيل الكولسترول في الكبد من جزيئات الخّلات Acetate بعد تنشيط ثلاث وحدات منها يمكن بعدها تخليق مادة ميفالونين Mevalonate، وهي بدورها نتيجة لعدة خطوات باستخدام جزيئتين من الـ ATP يمكن تخليق مادة ذات خمس ذرات كاربون وهو الايزوبرين Isoprenoid. إن ستة وحدات من هذا المركب يمكن ان تكون مركب السكوالين Squalene حيث منه يشتق الكولسترول (راجع الفصل العاشر عن هذا الموضوع).

وظائف الكولسترول

١- يعد الكولسترول من المواد الحيوية في التمثيل داخل الجسم فحوالي ٨٠٪ منه يتحول الى احماض الصفراء Bile acids ولاسيما حامض الكوليك Cholic acid، وكمية قليلة من الكولسترول تستخدم عن طريق الغدة الادرينالية Adrenal gland ليكون هورمونات الادرينالين Adrenal hormones كذلك يُستخدم بوساطة المبايض الـ Overies ليكون هورمونات الاناث مثل الـ estrogen وبوساطة الخصية testis ليكون هورمونات الذكور مثل هورمون التستوستيرون testosterone وجزءاً منه يتحول الى مركب الـ dehydrocholesterol – 7 اذ تعد مصدراً أولياً Precursor لفيتامين D_3. شكل (٦-١)

٢- يعد الكولسترول ضرورياً لتركيب جدار الخلايا الجسمية.

٣- يدخل في تركيب الجهاز العصبي كالدماغ والخلايا العصبية وانسجتها nerve tissues

٤- يعتقد أن له دوراً مهماً في نقل الأحماض الدهنية ولاسيما غير المشبعة منها في جسم الانسان.

ان معظم الدراسات التي أجريت عن علاقة الكولسترول بصحة الانسان اجريت في العقود الثلاث الماضية التي استنتجت ان ارتفاع مستوى الكولسترول في الدم يعد من اهم العوامل المسببة لتصلب الشرايين Atherosclerosis التي تؤدي الى امراض القلب والشرايين عامة في الجسم، وقد لايعني ذلك ارتفاع نسبة الكولسترول بالغذاء بحكم مطلق، لأن ذلك قد يتأثر بعوامل كثيرة وقد ثبت ان الصفائح الـ plaque والترسبات التي في الشرايين تحتوي على كمية عالية من الكولسترول. وسوف نتكلم على هذا الموضوع بشيء من التفصيل عند الكلام على علاقة الغذاء ولاسيما الدهن ومرض تصلب الشرايين (الفصل الخامس عشر).

مصادر الكولسترول الغذائية

يوجد بصورة طبيعية في كل الاغذية الحيوانية والمصدر الرئيسي له من الغذاء هو صفار البيض ويوجد عادة في الدهون الحيوانية مثل الزبد والجبن وتكون الزيوت النباتية خالية منه. وتعد الأعضاء مثل الكبد والمخ والكليتين والقلب من المصادر الغذائية الغنية بالكولسترول (انظر الجدول ٦-٤).

الجدول (٦-٤) محتوى عدد من الاغذية من الكولسترول ملغم /١٠٠ غم من الغذاء

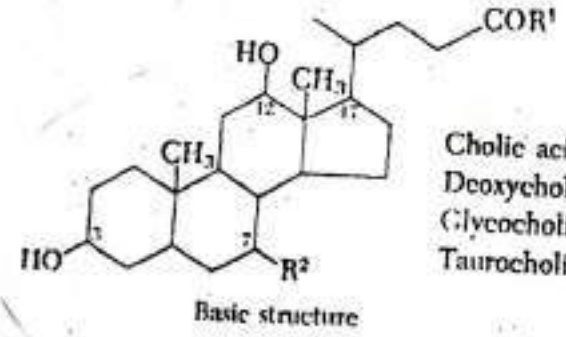
الغذاء	الكمية
لحم بقر طازج:	
مع العظم	٧٠
بدون عظم	٧٠
لحم عجول: Veal	
مع العظم	٩٠
بدون عظم	٩٠
لحم حملان: Lamb	
مع العظم	٧٠
بدون عظم	٧٠
لحم خنزير: Pork	
مع العظم	٧٠
بدون عظم	٧٠
دجاج طازج	٦٠
كبد طازج	٣٠٠
كلية طازجة	٣٧٥
قلب طازج	١٥٠
مخ طازج	اكثر من ٢٠٠٠
حليب سائل	١١
زبد	٢٥٠
جبن الشدر	١٠٠
جبن الكوتاج	١٥
كريمة	١٢٠
البيض الكلي	٥٥٠
بياض البيض	صفر
صفار البيض الطازج	١٥٠٠

أحماض الصفراء

Bile acids

وهي المجموعة الثانية من مركبات الستيرويدات وتتميز بارتباط سلسلة كاربونية ٥ ذرات كاربون في الموقع المرقم ١٧ في تركيب الستيرويدات فضلاً عن ارتباط مجاميع هيدروكسيلية في اكثر من موقع او تعد احماض الصفراء من مواد الاستحلاب Emulsifier حيث لها دور مهم في هضم وامتصاص الدهن في الامعاء. وتتكون في الكبد وتخزن في حويصلة الصفراء gallbladder ثم يفرز في الاثني عشر Duodenum الجزء الاول من الامعاء الدقيقة ومن هذه الاملاح:

حامض الكوليك : Cholic acid وحامض الكوليك اللااوكسجيني Deoxycholic acid وكينوديوكسي كوليك Chenodeoxycholic acid وحامض الليثوكوليك Litho-cholic acid ويرتبط حامض الكوليك وحامض الكوليك اللااوكسجيني بالحامض الأميني الكليسين glycine وكذلك بالتايورين taurine وبوجود الصوديوم او البوتاسيوم ليكون املاح الصفراء Bile salts



Basic structure

Cholic acid: R^1 is OH and R^2 is OH
Deoxycholic acid: R^1 is OH and R^2 is H
Glycocholic acid: R^1 is NH_2CH_2COOH (Glycine)
Taurocholic acid: R^1 is $NH_2CH_2CH_2SO_3H$ (Taurine)

٣- التربينات

Terpenes

وهي احدى مشتقات الليبدات وهي مركبات هايدروكاربونية مكونة من وحدات من الايزوبرين Isoprene وتشمل مركبات الكاروتينويد Carotenoids وتتضمن الفا وبيتا وكاما - كاروتين ..الخ. carotene - α, β, γ, وكذلك الليكوبين lycopene وهي واسعة الانتشار في النباتات مثل الطماطا وكذلك تشمل مركبات السكوالين Squaline، وهي مركبات وسطية في تخليق الكولسترول وتوجد في زيت كبد القرش.