الدهون *Lipids*

وهي مركبات عضوية لاقطبية غير متجانسة تمتاز بعدم ذوبانها في الماء وتذوب في المذيبات العضوية الغير قطبية (مذيبات الدهون Fat Solvents) مثل (الأسيتون , الأيثر, CCl_4, $CHCL_3$ و الكحول الساخن). حيث تستخدم هذه المذيبات في استخلاص الدهون من الأنسجة المختلفة.

وتعتبر الدهون من الجزيئات الحياتية الكبيرة Biomolecules وتنتشر في جميع الكائنات الحية وتكثر في البذور الزيتية مثل (القطن Cotton Seeds , الكتان Linseed و السمسم Sesame) وكذلك في المصادر الحيوانية مثل الحليب , المخ وصفار البيض.

تمتاز الدهون بكونها مركبات عضوية تحتوي على عناصر (C,H,O) وأحيانا على عناصر مثل(S,N,P) ولبعضها أوزان جزيئية عالية . وان لطول السلسلة البارافينية R في الحوامض الشحمية Fatty Acids المكونة للدهون أهمية في تحديد خواص الدهون البسيطة التي تحتويها ، فكلما قصرت السلسلة R انخفضت درجة انصهارها m.p (تكون سائلة) ودرجة غليانها b.p وبالعكس.

فالحوامض الشحمية التي تحتوي على 10 ذرات كاربون أو اقل تكون سائلة في درجات الحرارة الاعتيادية وتذوب في مزيج (الماء والكحول) بجميع النسب وكذلك فإنها تتطاير Volatile مع البخار فيطلق عليها الحوامض الشحمية المتطايرة (VFA) Volatile Fatty Acids ولها رائحة نفاذة قوية مثل حامضي الخليك Acetic acid والبيوتريك Butyric Acid بينما تكون الحوامض الشحمية ذات السلسلة الطويلة صلبة بدرجة الجرارة الاعتيادية فكلما زاد طول السلسلة البارافينية للحامض الشحمي تزداد درجة انصهاره وغليانه وتقل قابلية ذوبانه وتطايره.

فنجد إن حامض الستياريك المشبع Stearic Acid (C-18) يكون على شكل بلورات صلبة لاتذوب في الماء وقليلة الذوبان في الكحول والايثر وتنتقل الدهون داخل الجسم في الدم على شكل بروتينات دهنية Lipoproteins ذائبة في الماء VLDL , LDL , HDL .

وظائف الدهون *Lipids Functions*

1- تعتبر مصدر للطاقة حيث إن أكسدة 1 gm من الدهون يولد طاقة قدرها 9Kcal في حين أكسدة 1gm من السكريات يولد طاقة قدرها 4Kcal وأكسدة نفس الكم من البروتينات يولد طاقة قدرها 5.5 Kcal وتخزن الدهون في الأنسجة الدهنية كخزين للطاقة عند الحاجة.

2- تدخل في تركيب الجهاز العصبي كما تعمل كعازل كهربائي يسمح بنقل الايعازات العصبية عبر الأعصاب.

3- تعمل الدهون كمولدات للبروستاكلاندين Prostaglandin الذي يعمل كموقف لعمليات تحلل الدهون في الأنسجة الدهنية كما يحفز العضلات الناعمة الملساء على التقلص للحفاظ على ضغط الدم والتحكم في تصلب الشرايين ويعمل البروستاكلاندين كمضاد حيوي لبعض الهورمونات والتقليل من تأثيرها.

4- تعمل كمنشطات لبعض الإنزيمات مثلا يقوم Choline بتنشيط انزيم

3-phosohotidyl Glucose-6- phosphate

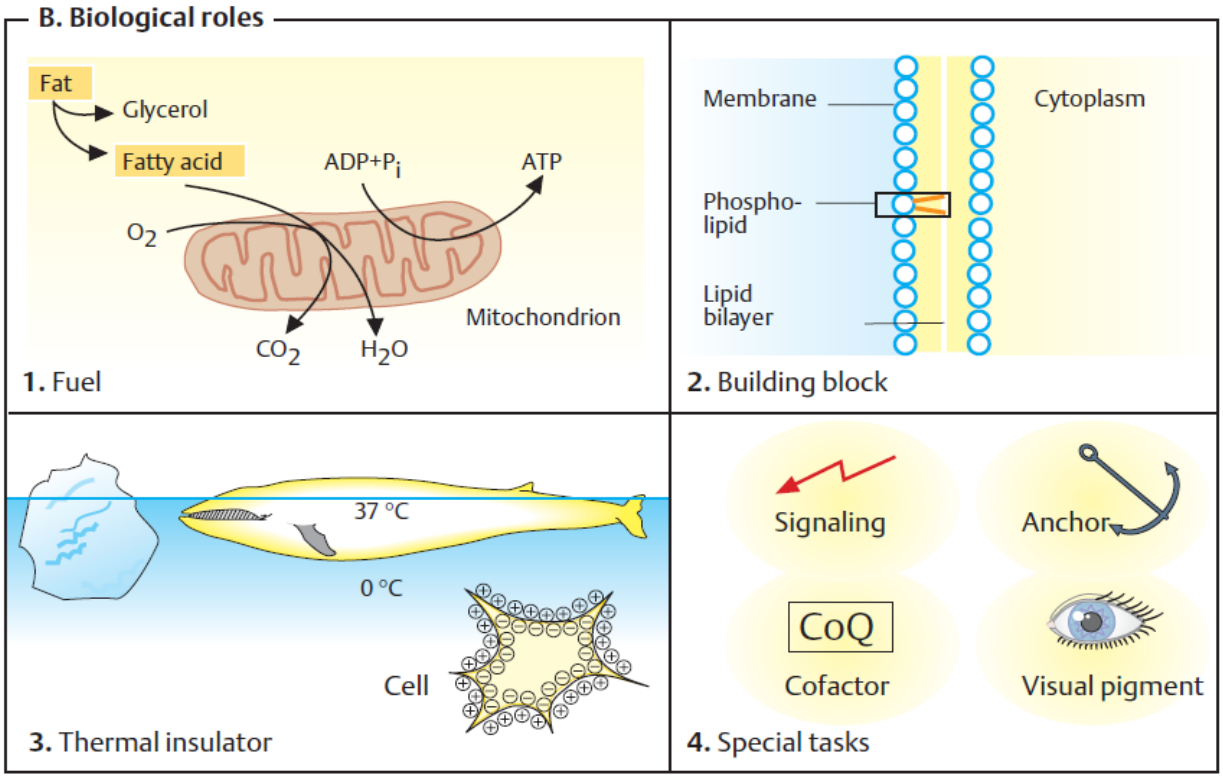
5- تدخل في تكوين الأغشية الخلوية بشكل bilayers of phospholipids.

6- تعمل الدهون كعازل حراري في الإنسان والحيوان.

7- تعمل كمواد اولية لبناء مركبات أخرى مثل بعض الفيتامينات , الهورمونات, وأحماض وأملاح الصفراء Bile Acids .

8- تعمل كمذيب لبعض الفيتامينات(الذائبة في الدهون) وغير الذائبة في الماء والتي تتشابه معها في التركيب مثل فيتامينات A,D,E,K .

9 - ترتبط بعض الدهون مع جزيئات بروتينية مكونة بروتينات دهنية (HDL , VLDL , LDL) حيث يستخدمها الجسم لنقل الدهون في الدم.



تصنيف الدهون *Classification of lipids*

هنالك عدة طرق لتصنيف الدهون (حسب قابلية ذوبانها في بعض المذيبات ، حسب إمكانية تصنيعها في جسم الكائن الحي ، حسب جفافها أو قد تصنف اعتمادا على احتوائها لبعض المجاميع كليسيرول, ستيرويدات.... الخ) . ولكن بصورة عامة يمكن تصنيف الدهون كما يأتي :-

تقسم الدهون بصورة عامة إلى 3 أقسام رئيسية هي:-

1- الدهون البسيطة (المتعادلة) Simple lipids

وهي عبارة عن أسترات الحوامض الشحمية مع الكحولات المختلفة

أ- الكليسيريدات (الأحادية والثنائية والثلاثية) Mono , Di and Triglycerides

ب-ايثرات الكليسيريل Glyceryl ethers

ج- الشموع Waxes

2- الدهون المركبة Compound lipids :-

وهي عبارة عن أسترات للحوامض الشحمية مع الكحولات المختلفة مع وجود مجاميع اخرى (N,P ...الخ) وتشمل :

أ- الدهون الفوسفاتية Phospholipids

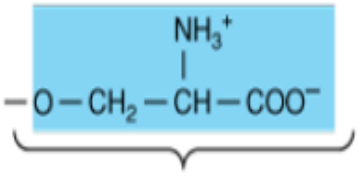
وتسمى ايضا" بـ (الدهون المفسفرة ،الدهون الفوسفاتية ، الفوسفاتيدات او فوسفات الكليسيريل)وتشمل دهون فسفورية حاوية على النتروجين واخرى خالية من النتروجين

أولا" : حامض الفوسفاتيديك Phosphatidic Acid

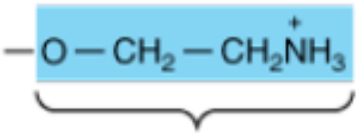
ثانيا" : الفوسفاتيديل كولين (الليسيثين) Phosphatidyl Choline(α-lecithin)

ثالثا" : السيفالين (الكيفالين) Cephalin ويشمل الفوسفاتيديل ايثانول أمين Phosphatidyl Ethanol Amine و الفوسفاتيديل سيرين Phosphatidyl Serine .

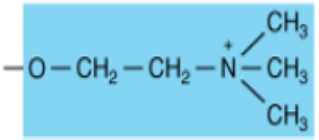
رابعا" : الفوسفاتيديل اينوسيتول Phosphatidyl inositol



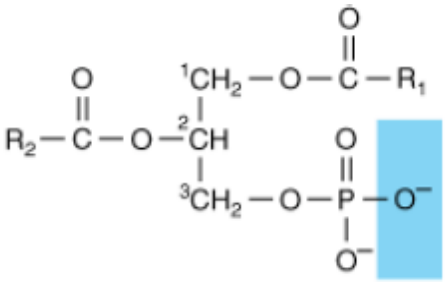
Serine



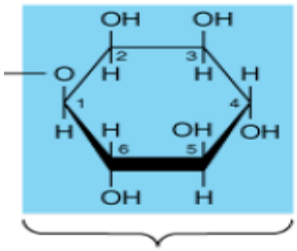
Ethanolamine



Choline



Phosphatidic acid



Myoinositol

ب. الدهون السفنكولية (الاسفنجية) *SphingoLipids*

وتشمل

اولا" : السيراميدات Ceramides

ثانيا" : السيربروسيدات Cerebroside

ثالثا" : السفنكومايلين Spingomyellin

رابعا" : الكانكليوسيدات Gangliosides

3- الدهون المشتقة *Derived lipids*

وهي المواد الناتجة عن تحلل الدهون (كليسيرول ، حوامض شحمية) و المواد غير القابلة للتصوبن وتشمل:-

أ- الحوامض الشحمية Fatty Acids

ب- الستيرويدات Steroids وتشمل (الكوليسترول والمركبات ذات العلاقة Cholesterol و حوامض وأملاح الصفراء Bile Acids & Salts

ج- الهورمونات Hormones

د- الفيتامينات الذائبة بالدهون Fat Soluble Vitamins مثل فيتامين K,E,D,A .

هـ - التربينات Terpens

4- الدهون المتحدة مع المركبات الحياتية الرئيسية مثل Lipo amino acids , lipoproteins ,Glycolipids (lipo-polysaccharides)

الحوامض الشحمية *Fatty Acids*

تتكون الدهون والشحوم والشموع من اتحاد الحوامض الشحمية RCOOH مع كحول (كليسيرول أو كحول أحادي طويل السلسلة) . وان الكليسيريدات Glycerides عبارة عن سترات للحوامض الشحمية مع الكليسيرول وتكون أما (كليسيريدات أحادية , كليسيريدات ثنائية او كليسيريدات ثلاثية) وعند تحلل الكليسيريدات تنتج الكليسيرول والحوامض الشحمية المكونة) .

تعرف الحوامض الشحمية Fatty Acids بأنها حوامض كاربوكسيلية اليفاتية أحادية الكربوكسيل Mono Carboxylic Acids صيغتها التركيبية RCOOH وصيغتها العامة CH_3 (CH2)n COOH

حيث أن n = مجموعة المثيلين CH2 ولحامض الخليك n = صفر

فمنها حوامض ذات عدد منخفض من ذرات الكاربون والتي تتراوح بين (2 - 10) مثل حامض Acetic , Butyric ,Caproic , Caprilic , Capric تتميز بذوبانها في الماء وبتطايرها عند التقطير البخاري لذلك تدعى بـ الحوامض الشحمية المتطايرة VFA وهي سائلة بدرجة حرارة الغرفة. وهنالك حوامض ذات عدد مرتفع من ذرات الكاربون .

وتتميز الحوامض الشحمية بانها تحتوي على مجموعة الكيل R اليفاتية مستمرة (غير متفرعة) وغير حلقية وعلى الأغلب تحتوي على عدد زوجي من ذرات الكاربون وإما أن تكون مشبعة Saturated او غير مشبعة Unsaturated (تحتوي على أصرة مزدوجة واحدة أو أكثر) وتلعب درجة التشبع والأواصر غير المشبعة دورا أساسيا في تحديد صفات هذه الحوامض الشحمية.

الصفات العامة للحوامض الشحمية

1- أحادية الكربوكسيل مع سلسلة هيدروكاربونية R مشبعة أو غير مشبعة.

2- عدد ذرات الكاربون زوجي على الأغلب وفي بعض الحالات يكون فردي.

3- السلسلة الهيدروكاربونية R مستمرة وغير متفرعة وغير حلقية .

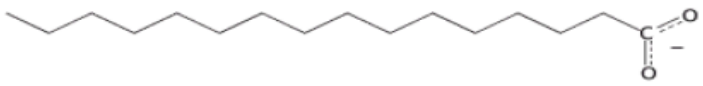
تصنيف الأحماض الدهنية

هنالك عدة طرق لتصنيف الحوامض الشحمية فمنها ما يصنف الحوامض الشحمية حسب طول السلسلة (long length , Medium length , Short length) ومنها ما يصنفها حسب درجة التشبع وكالاتي:-

1- الحوامض الشحمية المشبعة :- Saturated Fatty Acids

وهي حوامض ذات سلسلة هيدروكاربونية طويلة مستمرة غير متفرعة تحتوي على أواصر C-C مفردة وأكثرها انتشارها تلك الحاوية على C -16 مثل حامض البالمتيك Palmitic Acid $CH_3(CH_2)_{14}COOH$

او الحاوية على C -18 مثل حامض الستياريك Stearic Acid $CH_3(CH_2)_{16}COOH$



Palmitate
(ionized form of palmitic acid)

Table 8.1

Common Biological Fatty Acids

Number of Carbons	Common Name	Systematic Name	Symbol	Structure
Saturated fatty acids				
12	Lauric acid	Dodecanoic acid	12:0	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
14	Myristic acid	Tetradecanoic acid	14:0	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
16	Palmitic acid	Hexadecanoic acid	16:0	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
18	Stearic acid	Octadecanoic acid	18:0	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
20	Arachidic acid	Eicosanoic acid	20:0	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$
22	Behenic acid	Docosanoic acid	22:0	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$
24	Lignoceric acid	Tetracosanoic acid	24:0	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$
Unsaturated fatty acids (all double bonds are *cis*)				
16	Palmitoleic acid	9-Hexadecenoic acid	16:1	$CH_3(CH_2)_5CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
18	Oleic acid	9-Octadecenoic acid	18:1	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
18	Linoleic acid	9,12-Octadecadienoic acid	18:2	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_2(CH_2)_6COOH$
18	α-Linolenic acid	9,12,15-Octadecatrienoic acid	18:3	$CH_3CH_2(CH{=}CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$
18	γ-Linolenic acid	6,9,12-Octadecatrienoic acid	18:3	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_3(CH_2)_3COOH$
20	Arachidonic acid	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid	20:4	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_4(CH_2)_2COOH$
24	Nervonic acid	15-Tetracosenoic acid	24:1	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_{13}COOH$

ومن الملاحظ ان حامض الخليك Acetic قابل للامتزاج مع الماء وتقل ذوبانية الحوامض بزيادة الوزن الجزيئي لحد حامض الكابرويك Caproic Acid $CH_3(CH_2)_4COOH$ وبعده تقل او تنعدم الذوبانية في الماء إلا أنها تكون سريعة الذوبان في المذيبات ذات القطبية الواطئة .

بالنسبة لدرجة انصهار الحوامض الشحمية المشبعة فانها تزداد بزيادة الوزن الجزيئي (طول السلسلة) حيث ان الحوامض الشحمية ذات عدد ذرات الكاربون (10) سائلة بدرجات الحرارة الاعتيادية وتكون الحوامض الشحمية ذات السلاسل الكربونية الأعلى من 10 ذرات كاربون صلبة.وان زيادة عدد الأواصر المزدوجة (عدم التشبع) يؤدي الى نقصان درجة الانصهار.

2. الحوامض الشحمية غير المشبعة Unsaturated Fatty Acid

وهي الحوامض الشحمية التي تحتوي في سلسلتها الهيدروكاربونية على اصرة مزدوجة واحدة أو أكثر وكما يأتي

أ- الحوامض الشحمية ذات الاصرة المزدوجة الواحدة مثل حامض الأوليك Oleic Acid الذي يحتوي على C - I8 وآصرة مزدوجة في الموقع 9 .

$CH_3(CH_2)_7\ CH{=}CH\ (CH_2)_7COOH$

Oleic Acid 18 : 1 (9)

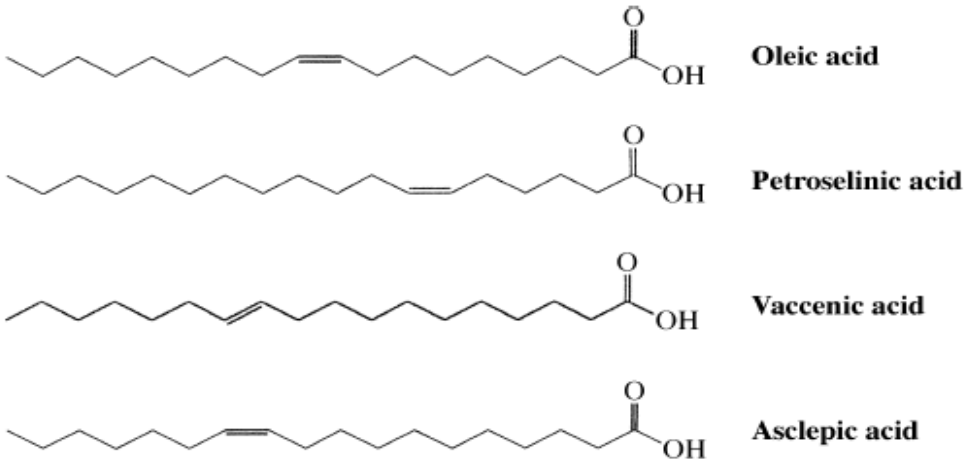


Figure 3.2 Isomeric octadecenoic acids.

ب- الحوامض الشحمية ذات الاصرتين Dienoic مثل حامض اللينوليك Linoleic Acid ويوجد في زيت بذر الكتان والقطن

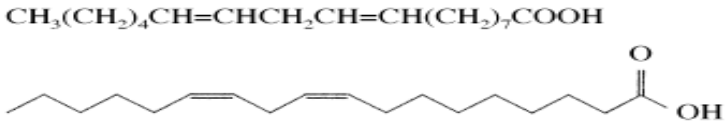


Figure 3.1 Representations of linoleic acid.

Linoleic Acid 18 : 2 (9,12)

ج- الحوامض الشحمية ذات الثلاثة أواصر مزدوجة Trienoic مثل حامض اللينولينك Linolenic Acid

CH3CH2CH=CH-CH2CH=CH-CH2-CH=CH(CH2)7COOH

Linolenic Acid 18 : 3 (9 , 12 , 5)

يوجد في زيت بذر الكتان Linseed وهو من الحوامض الشحمية الأساسية ويوجد في غشاء المستلمات الضوئية للشبكية.

د- الحوامض الشحمية ذات الأربع أواصر مزدوجة Tetraenoic وصيغتها العامة CnH(2n-4) COOH مثل حامض الاراشيدونك Arachidonic Acid الحاوي على 20 ذرة كاربون مع أربعة أواصر مزدوجة في المواقع (14 ، 11، 8 ،5)كما يأتي :-

Arachidonic acid

الحوامض الشحمية غير المشبعة الأساسية Essential Fatty Acids

وهي الحوامض الشحمية التي لايمكن بناؤها أو تصنيعها داخل الجسم لذلك من الضروري تناولها عن طريق الغذاء اليومي وتكون هذه الحوامض غير مشبعة وتشمل حامض اللينوليك ، اللينولينك، الاراشيدونك حيث تصنف تلك الحوامض على انها فيتامين F وتدخل هذه الحوامض في تركيب أغشية الخلايا وتتصرف كمواد مولدة للبروستاكلاندين Prostaglandin ويؤدي بعضها الى بطء النمو وتغيرات في الجلد والشعر والضعف الجنسي . وتتواجد هذه الحوامض الأساسية في الجوز، الزبد ، وصفار البيض .

الحوامض الشحمية غير المشبعة غير الأساسية Non-Essential Fatty Acids

هي الحوامض الشحمية التي يستطيع الجسم بناؤها حياتياً .

الحوامض الشحمية الحرة FFA Free Fatty Acids

وهي الحوامض الشحمية التي تتحرر من تحلل الشحوم المخزونة وتوجد في بلازما الدم حيث تنتقل مع الألبومين وأهمها حامض البالمتيك Palmitic Acid وحامض الستياريك Stearic Acid وان مستوى الـ FFA يزداد في حالة مرض السكر وبعض الأحيان عند الأشخاص الذين يعانون من السمنة.

اسم الحامض	عدد ذرات الكربون	عدد الاواصر المزدوجة	مواقع الاواصر المزدوجة
الأوليك Oleic	18	1	Δ9
اللينوليك Linoleic	18	2	Δ9 , 12
اللينولينك Linolenic	18	3	Δ9 , 12 , 15
الاراشيدونك Arachidonic	20	4	Δ 5 , 8 , 11 , 14

Δ 9 = موقع الاصرة المزدوجة بين ذرتي الكربون 9 – 10 الرقم بجانب Δ يمثل ذرة الكاربون ذات الرقم الاصغر في ذرتي الاصرة المزدوجة وهكذا Δ12 ← $C_{12} = C_{13}$

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

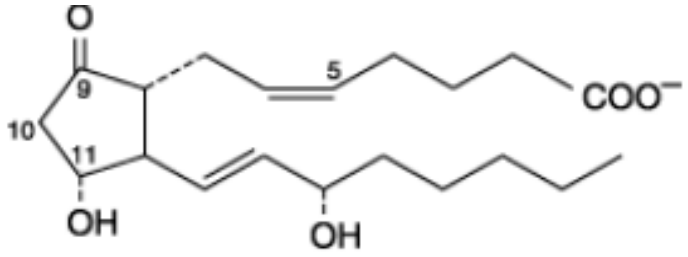
Clinically Important Fatty Acids

Fatty Acid	Clinical Importance
Myristic acid	Associated with plasma membrane enzymes
Palmitic acid	First product of fatty acid synthesis
Palmitoleic acid	Component of glycerides of adipose tissue
Stearic acid	Component of phospholipids
Oleic acid	Component of phospholipids
Linoleic acid	Essential* fatty acid In deficiency, patients may exhibit growth failure, thrombocytopenia, and skin diseases
Linolenic acid	Essential* fatty acid In deficiency, patients may exhibit peripheral neuoropathy and vision problems
Arachidonic acid	Considered essential* in the diet; the body is able to make some arachidonic acid from linoleic acid A precursor in the biosynthesis of some prostaglandins

*Essential: required in the diet.

البروستاكلاندين (PG) Prostaglandin

يتألف من 20 ذرة كاربون ويحتوي على حلقة خماسية تختلف بموقع وعدد مجاميع الكربونيل ولذلك فهو على عدة انواع مثل PGE - 1 الذي يوقف عملية تحلل الدهون في الانسجة الدهنية ويعمل على خفض ضغط الدم وله تأثير مهم في الولادة وحث الحمل ، منع الحمل ، الاجهاض ، السيطرة على ضغط الدم ، تخفيف الربو، الاحتقان الانفي، والمواد شبيهة لتاثير الهورمونات وهي مواد فعالة دوائيا تخلق داخل الجسم من الحوامض الشحمية الاساسية



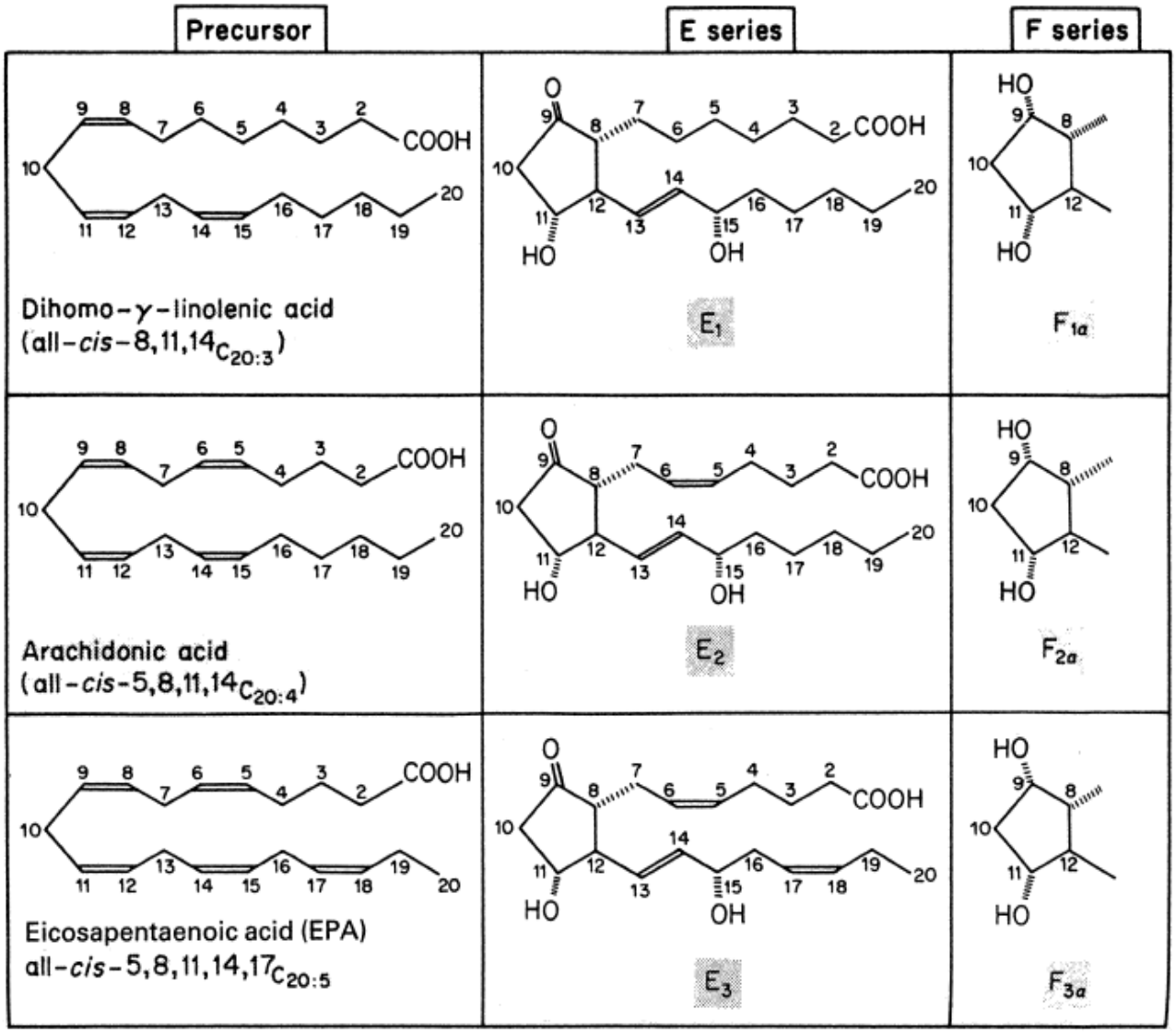


Fig. 2.38 Structures of prostaglandins E and F and their precursors.