جامعة حماه

كلية الطب البيطري

السنة الثانية

مادة : الكيمياء الحيوية (1)

محاضرة: الفيتامينات (2019) د. عدنان الحموي

الفيتامينات جزئيات عضوية (غذيات عضوية *Organic Nutrients*) غير متجانسة كيميائيا ضرورية لانجاز وظائف نوعية واسعة في الجسم (تُصنَّف ضمن الغذيات الدقيقة *Micronutrients*)

تعتبر العديد من الفيتامينات الذوابة بالماء طلائع للكوأنزيمات (مساعدات الأنزيمات) في الأستقلاب . أما معظم الفيتامينات الذوابة بالدسم فتساهم بدوار فيزيولوجية .

الخصائص العامة للفيتامينات

1- يحتاجها الجسم بكميات زهيدة وبشكل يومي تقريبا (بالميلغرامات).

2- لايستطيع الجسم أصطناعها ، لذلك لابد من تناولها من مصادر غذائية .

3- هي جزئيات غير طاقية لكن تساعد الجسم للحصول عليها .

4- تساهم في الاستقلاب

5- حساسة تجاه عدة عوامل منها : الضوء ، الحرارة ، الخزن .

6- واسعة الانتشار بالطبيعة .

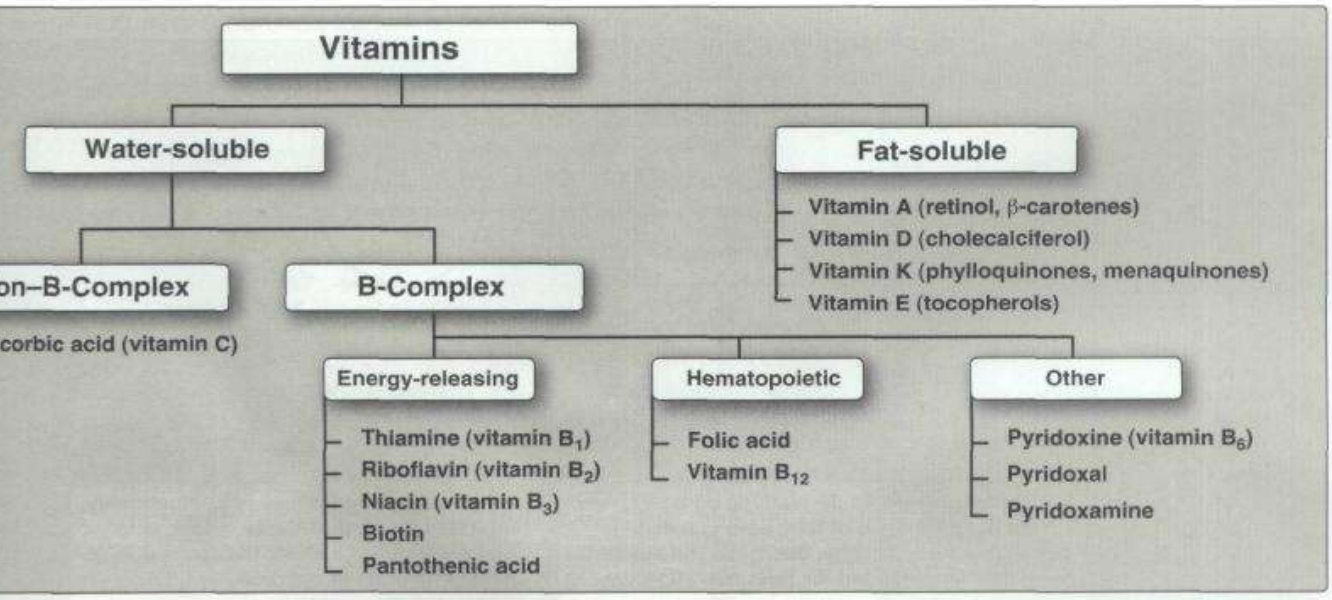
7- يخزن البعض منها في الكبد والنسيج الشحمي .

8- اضطرابات الجهاز الهضمي وسؤ الامتصاص يؤثر على الذوابة بالدسم اكثر من الذوابة بالماء .

9- تختلف الحاجة اليومية حسب عدة عوامل منها : الجهد الفيزيائي ، الجنس ، الوارد القوتي ، الحمل والارضاع ، معدل النمو . حجم الجسم .

تصنيف الفيتامينات

تم تصنف الفيتامينات إلى صفين اساسين : الذوابة في الماء و الذوابة في الدسم :

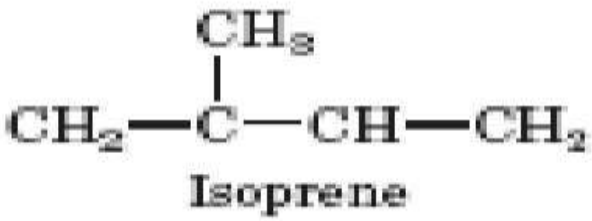


e 28.1
ification of the vitamins.

الفيتامينات الذوابة في الدسم

تتضمن الفيتامينات الذوابة في الدسم أربعة فيتامينات ، وهيA-D-K-E

و هي عبارة عن جزيئات لا قطبية كارهة للماء و تصطنع بشكل رئيسي من مركب كيميائي يسمى الأيزوبرين وصيغته :



و نسمي المركبات الناتجة عنه بالإيزوبرونيئيدات و منها هذه الفيتامينات الذوابة في الدهن .

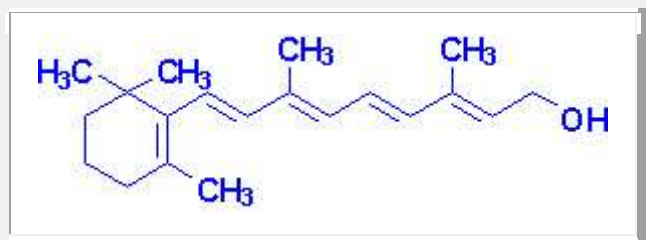
لاتصطنع هذه الفيتامينات بكميات وافية في الجسم . من جهة أخرى تعالج في الجهاز الهضمي كما تعالج باقي الشحوم ، فاضطراب معالجة الشحوم سيقود إلى سوء امتصاص هذه الفيتامينات و بالتالي حدوث عوز فيتاميني لها ، و هذه الفيتامينات لا تنقل من الأمعاء إلى الدم مباشرة كما في الفيتامينات الذوابة في الماء ، و إنما تنقل من الأمعاء إلى اللمف فالدم فالكبد حيث تخزن فيه ، و عند حاجة الأعضاء للفيتامينات تنتقل إليها عن طريق البروتينات الشحمية .

1- **الفيتامين** A :

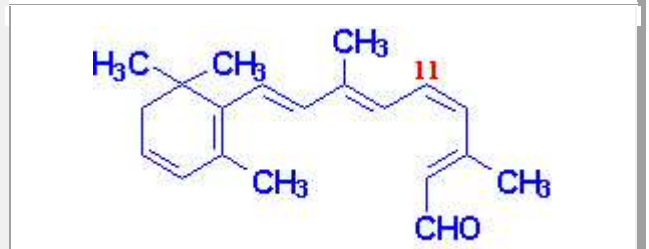
ينتمي الفيتامين A إلى الريتينوئيدات.

المركبات التي تتمتع بفعالية الفيتامين A هي الريتينول Retinol ، الريتينالRetinal ، وحمض الريتينوئي Retnoic Acid .

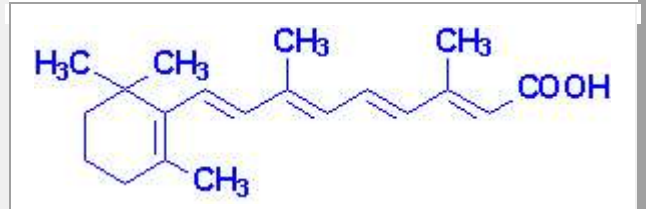
.



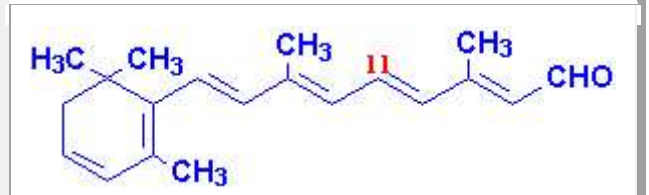
Retinol



11-cis-retinal



Retinoic Acid



All-trans-retinal

إن طليعة الفيتامين A في النباتات هي B– كاروتين B-Carotene ذي الصباغ الاصفر فعند دخول هذه الطليعة للجسم تتعرض للأكسدة في الخلايا المخاطية المعوية ، و ينتج عنها

جزيئتان من الريتينال لأنه ينتهي بزمرة ألدهيدية ، و من ثم يتعرض الريتينال لعملية أكسدة ليعطي حمض الريتينوئيك ، حيث تحول الزمرة الألدهيدية في الريتينال إلى كربوكسيلية من خلال الأكسدة بتفاعل غير عكوس ، كما قد يتعرض مركب الريتينال للإرجاع (بتفاعل عكوس)، و ينتج عنه مركب الريتينول الحاوي على الزمرة CH_2OH- بدلاً من الزمرة $CHO-$ في الريتينال .

الخلاصة : – يتم إرجاع الريتينال إلى الريتينول هو تفاعل عكوس

أكسدة الريتينال ألدهيد إلى الريتينوئيك هو تفاعل وحيد الاتجاه(غير عكوس)

أمتصاص ونقل الفيتامين A :

تتم حلمهة أسترات الريتينول الموجودة مع الطعام المتناول في مخاطية الامعاء عاطية الريتينول والحمض الدسم الحر يتم أمتصاص الأخير الى الخلايا المعوية المخاطية حيث يؤستر بشكل أستر (أسترات الريتينل) ، مع حمض دسم هوحمض البالمتيك ويفرز منها وينقل بواسطة الدقائق الكيلوسية ، الى الكبد و تخزن فيه .

عند الحاجة : يتحرر الريتينول من الكبد وينقل الى النسج خارج كبدية بواسطة البروتين البلازمي الرابط للريتينول RBP ، يتم بعد ذلك أرتباط المعقد السابق على مستقبلات نوعية المتواجدة على سطوح الخلايا الأنسجة المحيطية تسمح بدخوله الى داخل الخلايا (تشتمل العديد من الخلايا الحاوية على البروتين الرابط الخلوي الذي يحمله الى النواة . **يوضح المخطط الاتي أمتصاص ونقل وتخزين الفيتامين A .**

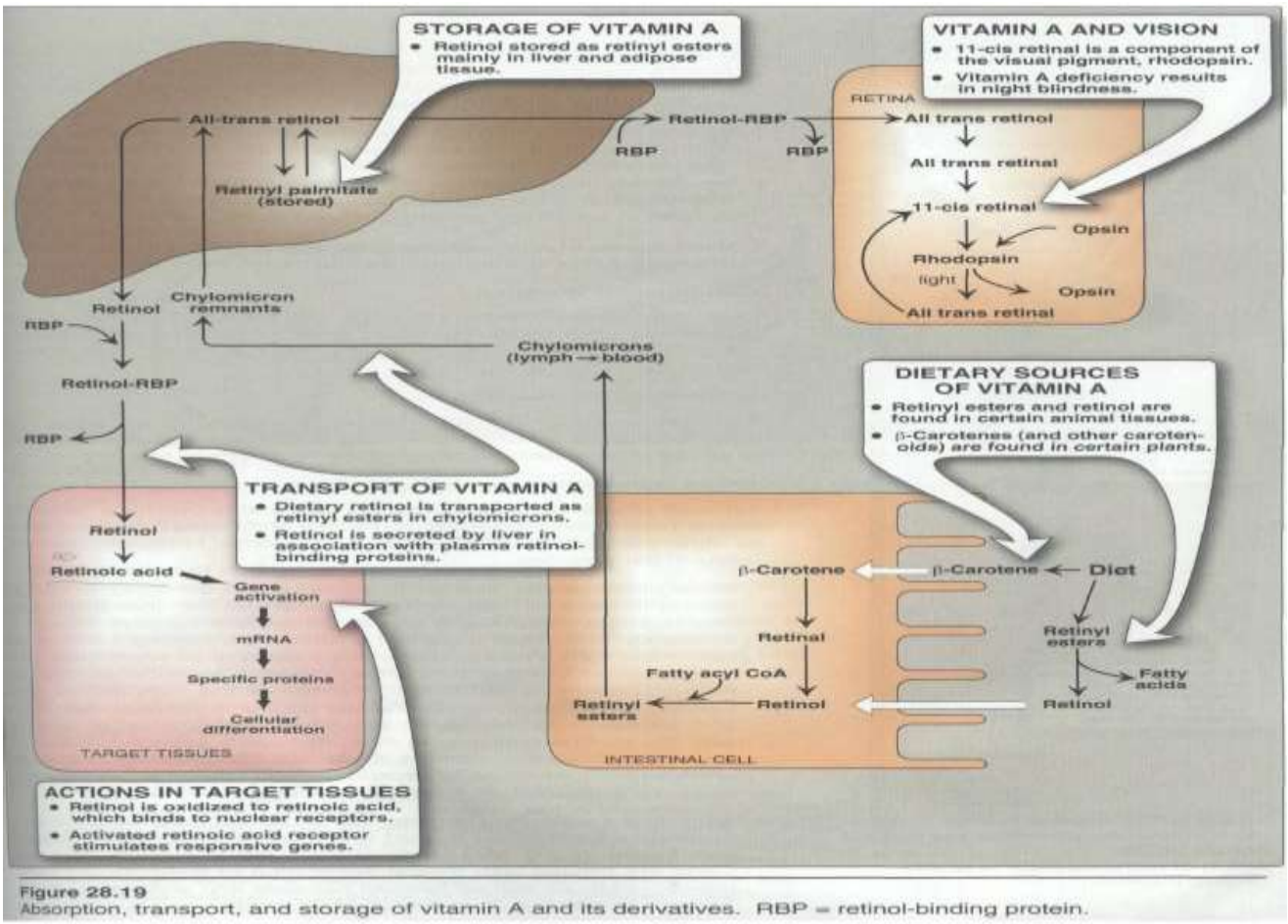


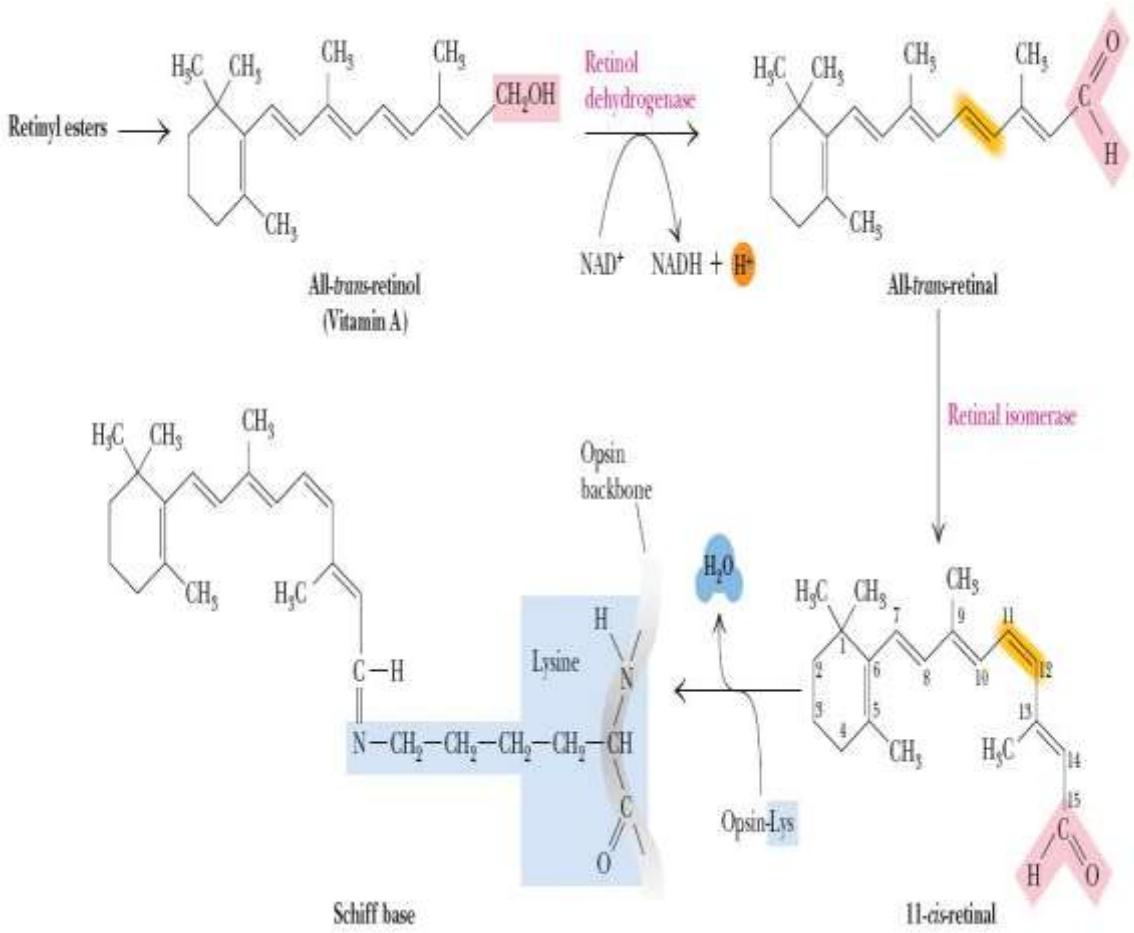
Figure 28.19
Absorption, transport, and storage of vitamin A and its derivatives. RBP = retinol-binding protein.

وظائف الفيتامين A :

لهذا الفيتامين عدة أدوار فيزيولوجية هامة و هي :

1- **دوره في عملية الإبصار :** إن الخلايا العصوية الموجودة على محيط الشبكية تحوي في طبقتها الخارجية عل مركب الرودوبسين المؤلف من قسمين : الأول بروتيني هو الأوبسين و الثاني مشتق من الريتينال و هو عبارة عن الفيتامين المقرون .و هذه الخلايا العصوية تؤمن الرؤية في الظلام ، فعند تعرض العين للضوء تحدث سلسلة من التغيرات التماكبية (الكيموضوئية)التي تؤدي لأزالة اللون من الصباغ البصري حيث يتفكك مركب الرودوبسين إلى جزئيه الأوبسين و الى الريتينال المفروق . هذه العملية تقدح شرارة السيالة العصبية(كمون فعل و حدوث التنبيه) تنتقل عبر العصب البصري الدماغ ، و لكي يعود الرودوبسين إلى عمله لا بد من تشكل الريتينال المقرون بالموقع 11 .

أن الاختلاف بين الشكلين المقرون و المفروق هو في الرابطة 11 كما يظهر في هذا المخطط أدناه



3- دور الريتينول يساهم الريتينول بعملية اصطناع البروتينات السكرية المخاطية وخاصة الجزء السكري منه مما يساهم بحماية مختلف الاجهزه و النسج من الجفاف العوز يسبب تقرن البراعم الذوقية وبالتالي فقدان الشهية.

4-دور مضاد تأكسدي : تتحول الخلايا الجنينية عبر التمايز إلى خلايا ظهارية متخصصة و بذلك يمارس (دوره **كمضاد تأكسدي**) حماية فعالة من المواد المسرطنة المولدة للطفرات . ففي السرطان و في المراحل قبل الورمية يزول تخصص و تمايز الخلايا فتحصل عملية تشكل السرطان ، أما آلية الحماية فتتلخص بأن فيتامين A و خاصة طليعته β كاروتين تلتقط

الجذور الحرة عبر سلسلتها الجانبية (حمض دسم يضم الجذر الحر) ، حامياً بذلك الجسم من هذه العوامل التي تعمل على ضرب DNA و تؤثر فيه مسببة الأمراض السرطانية .

2-دور حمض الريتنئوئي :

يؤدي دوره من خلال التحريض على تركيب RNA نوعي وهذا يؤدي لأصطناع بروتينات نوعية تتواسط العديد من الوظائف الفيزيولوجية.

بيتا – الكاروتين: تؤدي لخفض نسبة حدوث أمراض القلب وسرطان الجلد والرئة .

يوضح الجدول الأتي تأثيرات مشتقات الفيتامين A : اما كمونات غذائية أو كعوامل علاجية

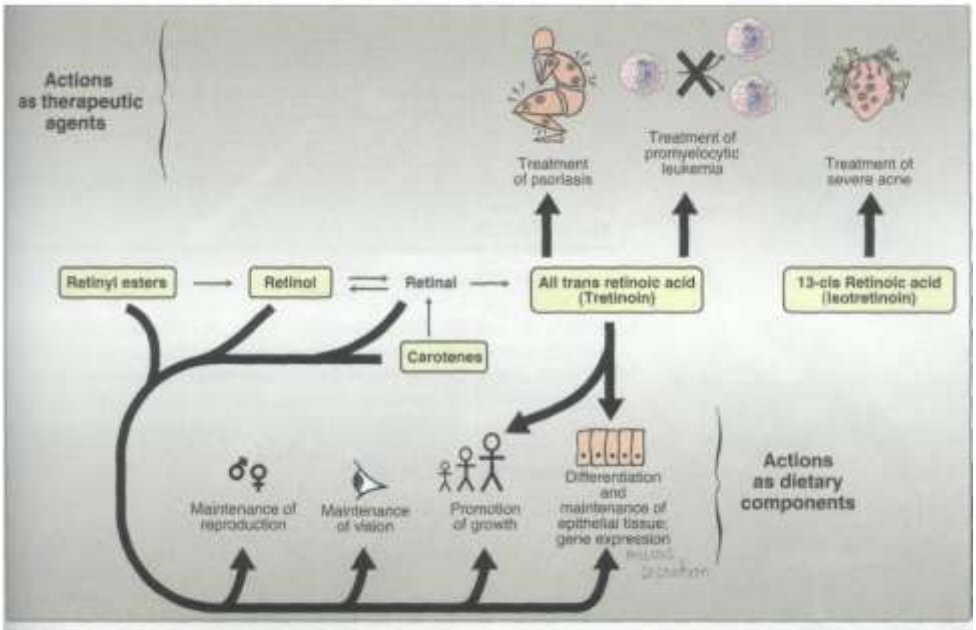


Figure 28.21
Summary of actions of retinoids. Compounds in boxes are available as dietary components or as pharmacologic agents.

عوز الريتينول :

إن أول علامات عوز الفيتامين A هي خلل في الرؤية (خاصة الرؤية الليلية في الظلام) و بالتالي حالة من العشى الليلي ، كما يقود الاستنزاف الإضافي للريتينول الى التقرن و التجفاف في ملتحمة العين .

ملاحظة: الطفل الرضيع عند ولادته يملك مخزوناً قليلاً من الفيتامين A لصعوبة انتقاله عبر المشيمة من دم الأم ، و لحسن الحظ فإن حليب الأم يحوي مدداً غزيراً من الفيتامين A يؤمن حاجات الرضيع منه

يُعتقَد أن الخطر الزائد للسرطان في عوز فيتامين Aهو نتيجة نفاذ بيتا-كاروتين (β-carotene). إن بيتا-كاروتين هو مضاد أكسدة فعال جداً ويقال أنه يقلل خطر السرطانات.

السمية :ومع ذلك يجب أخذ الحذر من تناول أي من الفيتامينات الذوابة في الدهن (lipid soluble vitamins)لان التراكم المفرط من فيتامين Aفي الكبد يمكن أن يؤدي إلى السمِّية، التي تتظاهر على شكل ألم عظمي وضخامة الكبد والطحال (hepatosplenomegaly

الفيتامين D :

ينتمي الفيتامين D إلى مجموعة المركبات ذات البنية الستيروئيدية و التي توجد في الطبيعة و بشكل خاص في النسج الحيوانية و النباتية و الخمائر ، و يتشكل الفيتامين D من طلائع فيتامينية و تكون من مصدرين هما :

1- **الإرغوستيرول** Ergosterol : و هذه الطليعة توجد في النباتات و عند تعرضها إلى الضوء يتم شطر في الحلقة B لينتج مركب إرغو كالسيفرول و المعروف باسم فيتامين D_2 .

2- 7-**كولسترول منقوص الهيدروجين** 7-Dehydrocholesterol : و هو كولسترول حذفت منه ذرة هدروجين في الموقع السابع ، و توجد هذه الطليعة في العالم الحيواني ، و عند تعرضها للضوء يتم شطر الحلقة B لينتج مركب كولي كالسيفرول و المعروف باسم فيتامين D_3 ، و هذه الطليعة تتوضع لدى الإنسان في الجلد (البشرة و الأدمة)

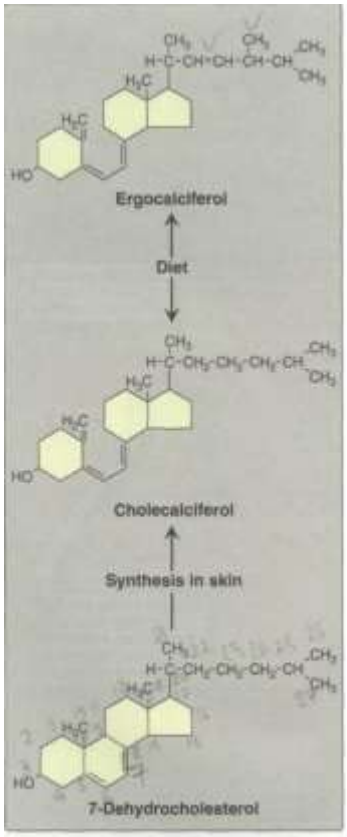


Figure 28.22
Sources of vitamin D.

تحويل الفيتامينين D_2 ، D_3 إلى الشكل الفعال من الفيتامين D :

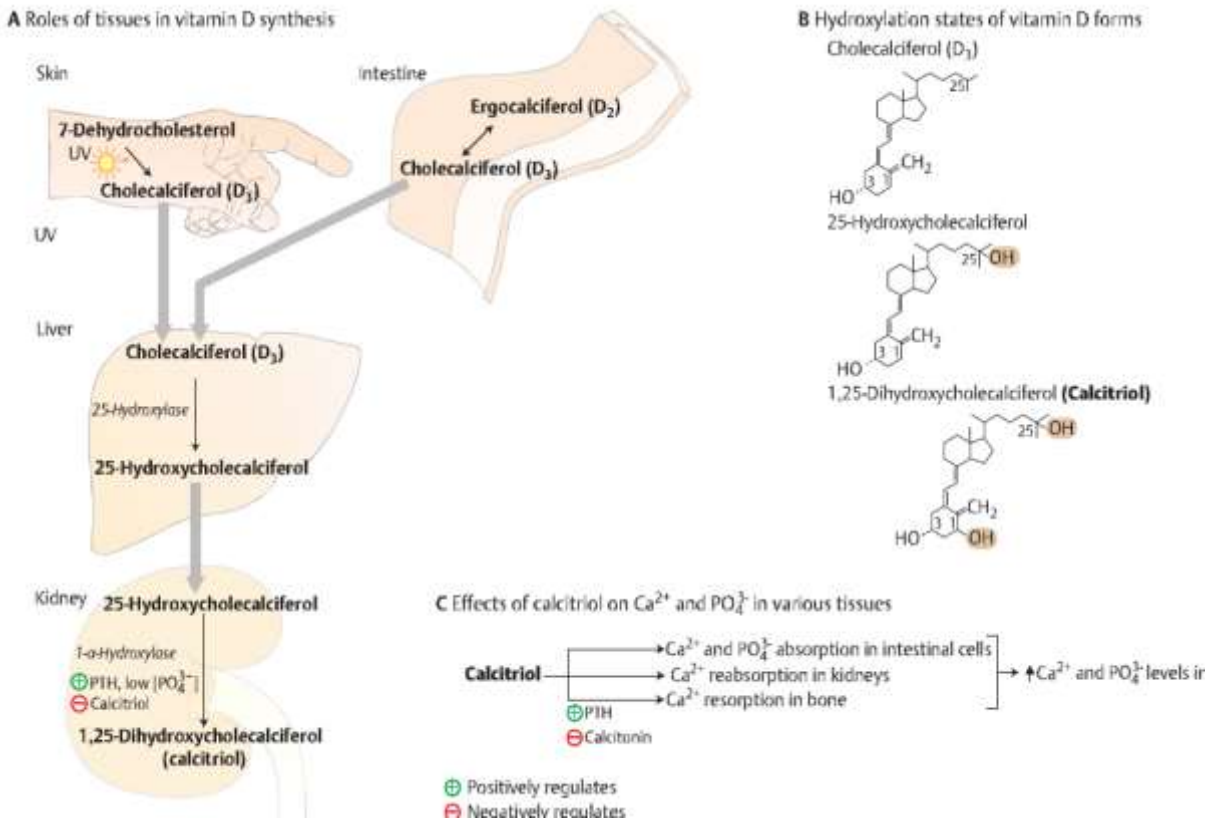
عند تناول هذه الفيتامينات مع الغذاء فإنها تعالج في الجهاز الهضمي و الأمعاء ، فالفيتامين D_2 يمتص عبر الخلايا المخاطية و ينتقل إلى الكبد ، أما الفيتامين D_3 فينتقل عبر بروتينات نوعية في البلاسما إلى الكبد . في داخل الكبد يحول الفيتامين D_3 إلى الشكل الفعال عبر أنزيمات خاصة هي أنزيمات الهيدروكسيلاز ، فيعمل الأنزيم على إضافة زمرة OH إلى الموقع C_{25} من الفيتامين D_3 فنحصل على مركب جديد يدعى 25- هدروكسي كولي كالسيفرول (25-OH-Cholecalciferol) أو ($25\text{-OH-}D_3$) و هو الشكل الرئيسي الذي يختزن في الجسم . ينتقل هذا المركب المتشكل بالهدركسلة إلى الكلية عبر بلازما الدم و يخضع لإحدى عمليتين :

1- عملية ضم زمرة OH إضافية في الموقع C_1 بتوسط أنزيم هو α-1 هيدروكسيلاز لينتج مركب جديد ثنائي الهيدروكسيل هو 1-25 ثنائي هيدروكسيل كولي كالسيفرول و يختصر على الشكل ($1\text{-}25\text{-}(OH)_2\text{-}D_3$) و هو أكثر أشكال الفيتامين D فعالية في الجسم (يحافظ

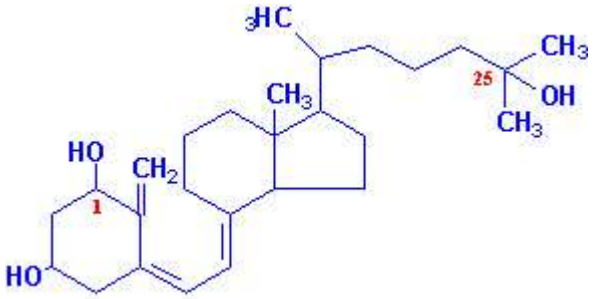
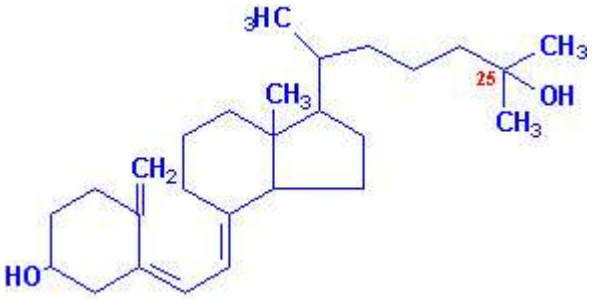
على مستويات الفوسفات في الدم) . تحدث هذه الهدركسلة في الأنابيب الكلوية و قد تحدث في العظم و المشيمة .

2- عملية ضم زمرة OH إضافية في الموقع C_{24} بتوسط أنزيم هو 24 هيدروكسيلاز لينتج مركب جديد ثنائي الهيدروكسيل هو 24-25 ثنائي هيدروكسيل كولي كالسيفرول و يختصر على الشكل ($24\text{-}25\text{-}(OH)_2\text{-}D_3$) ، و هو شكل أقل فعالية من سابقه . تحدث هذه الهدركسلة في الأنابيب الكلوية و قد تحدث في العظم و المشيمة و الأمعاء .

يوضح المخطط التالي كيفية تشكيل هذين المركبين النهائيين بداية من D_3 :



الجدول الاتي يوضح صيغة الشكلين الفعالين :

	
1,25-dihydroxyvitamin D_3	25-hydroxyvitamin D_3

وظائف الفيتامين D :

أهم وظيفة له هي العمل على ضبط مستويات الكالسيوم و الفوسفور المصلي عبر الآليات التالية :

أ- يقوم D3 بالتأثير على الأمعاء و ذلك من خلال انتقال المركب ($1\text{-}25\text{-}(OH)_2\text{-}D_3$) من الكلى إلى الأمعاء ، حيث يقوم بدور هرموني فيدخل الخلية عبر عدة خطوات متتالية تشمل ما يلي :

- الاتحاد مع المستقبلات السيتوبلاسمية .
- يتحرك المعقد [$1\text{-}25\text{-}(OH)_2\text{-}D_3$ – مستقبل] ، إلى النواة حيث يؤثر بشكل اختياري على مورثات خاصة ، تقوم هذه المورثات باصطناع بروتين خاص يسمى البروتين الرابط للكالسيوم .
- يتوضع البروتين الناتج في الزغيبات المعوية و يقوم بنقل الكالسيوم من الأمعاء إلى الخلايا المعوية و بالتالي فإن فيتامين D_3 يقوم بدور إفرازي كالهرمونات الستيروئيدية ، و يشاركه في عملية تنظيم كالسيوم و فوسفور المصل كل من هرمونات الغدة الدرقية و جارات الدرق .

ب- يعمل الفيتامين D_3 على إنقاص فقدان الكالسيوم عن طريق الكلى ، فهو يشجع إعادة امتصاص الكالسيوم و الفوسفور في الكلية .

- يعمل الناتج الأخير على أرتشاف الكالسيوم من العظم ، متوافقاً في عمله مع هرمون جارات الدرق PTH و مخالفاً هرمون الكالسيتونين . يوضح المخطط الأتي ألية تشكل الفيتامين D ودوره على أستقلاب الكليسوم .

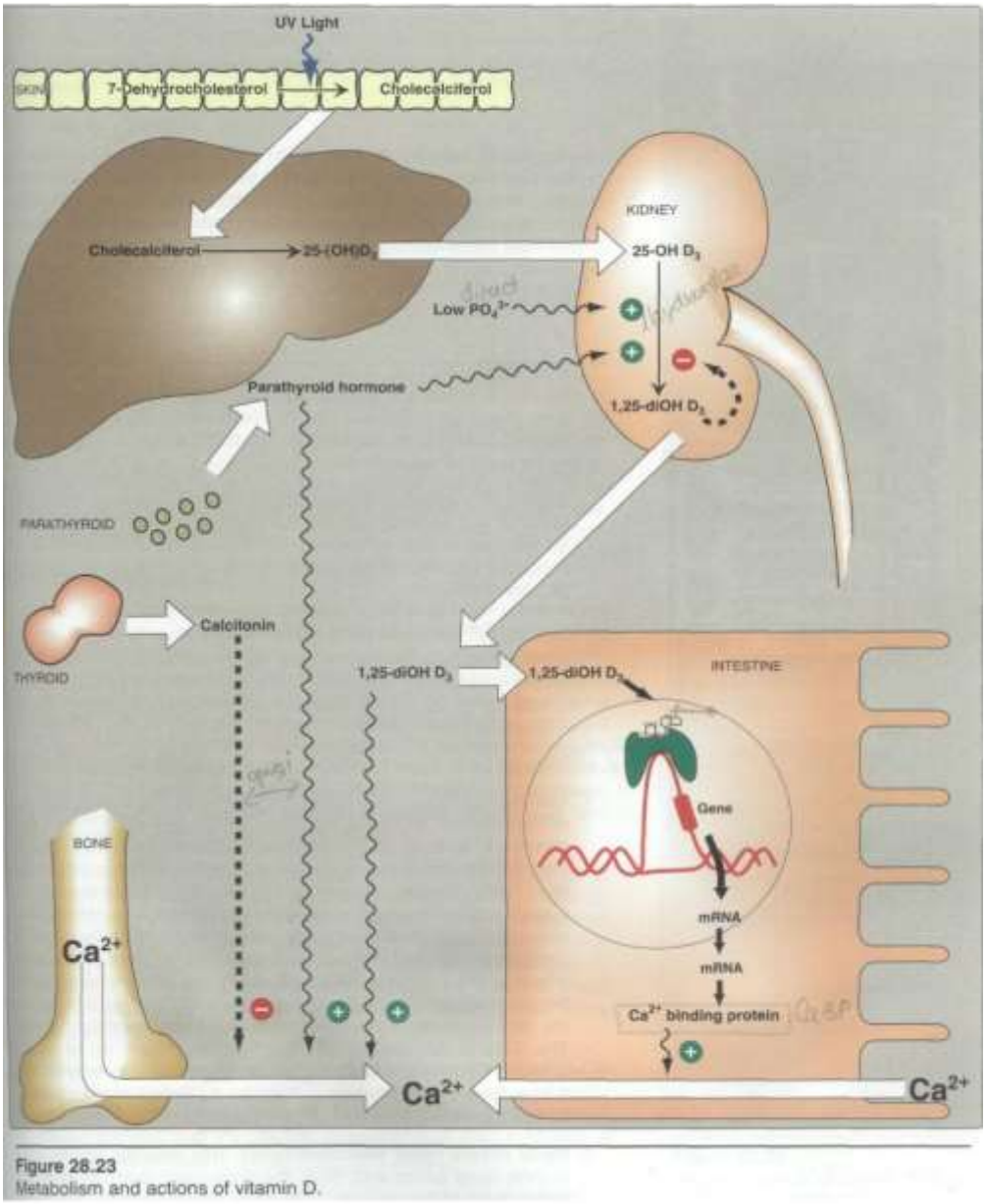


Figure 28.23
Metabolism and actions of vitamin D.

<u>الأهمية الحيوية :</u>

- يؤثر هذا الفيتامين كهرمون في امتصاص الكالسيوم والفوسفور عن طريق زيادة صنع البروتين الرابط للكالسيوم والذي يسمى الكالبيدين في الخلايا المعوية ، وبما أن الشكل الأكثر فعالية الفيتامين D هو الكالسيتريول ، لذلك فعند نقص الكالسيوم في الدم يزداد تحول الفيتامين D إلى شكل الكالسيتريول

بهدف زيادة امتصاص الكالسيوم ، وحالما يعود الكالسيوم إلى المستوى الطبيعي يعود الكالسيتريول إلى الشكل السائد للفيتامين D وهو 1 ، 25 – ثنائي هيدروكسي الكولي كالسيفيرول .

ضروري للتوصيل العصبي العضلي . إضافة إلى هذا فإن للفيتامين D دور هام في التمايز الخلوي و التكاثر في الجملة المناعية .

يؤدي عوز الفيتامينD الى:

- **تلين العظام** Osteomalacia **والذي** ينجم عن التمعدن المعيب (زوال التمعدن) للنسيج العظمي المتشكل من جديد ، ويحدث عند الكهول والبالغين .
- 2- **الرخد (الكساح**
- تلاحظ عند الأطفال وهي متمثلة(وهو إخفاق العظام النامية بالتكلس لنقص الفيتامين D والكالسيوم لأسباب غذائية أو استقلابية وكذلك يحدث عند مرضى قصور الكلى ، لأنها المكان الذي يحدث فيه التحول إلى الأشكال الفعالة من الفيتامين) بإخفاق تكلس العظام النامية ، و نلاحظ في هذه الحالة شذوذات هيكلية تتجلى في القدمين خاصة اللتين تصبحان غير قادرتين على حمل الجذع فتتقوس عظام الطرف السفلي ، كما يسبب الرخد شذوذات في الأسنان .

أما عند البالغين فإن عوز الفيتامين D يؤدي إلى تلين العظام فتصبح طرية و لينة .

يشاهد الرخد و تلين العظام إما بسبب نقص الوارد الغذائي من الفيتامين D ، أو بفعل أمراض استقلابية تسبب عيوباً في اصطناع الأشكال الفعالة منه كما في اضطرابات الكبد المزمنة و القصور الكلوي المزمن .

الفيتامين K :

هو مجموعة من المركبات الكيميائية التي تشترك في الحلقة المكونة لها و هي النافتوكينونات ، و يرتبط بالحلقة سلسلة جانبية من خلال اختلافها نميز أشكال الفيتامين K المختلفة و هي : له ثلاثة أشكال :

الفيتامين K1 : هو الشكل الأساسي للفيتامين ، يسمى الفيلوكوينون Phylloquinone ، وهو موجود في المصادر النباتية .

الفيتامين K2 : يسمى الميناكوينون Menaquinone ، ويوجد في المصادر الحيوانية(الفلورا الجرثومية المعوية) .

الفيتامين K3 : يسمى الميناديول Menadiol أو الميناديون ، والشكل العلاجي المستخدم (لا توجد فيه سلسلة جانبية لا قطبية).

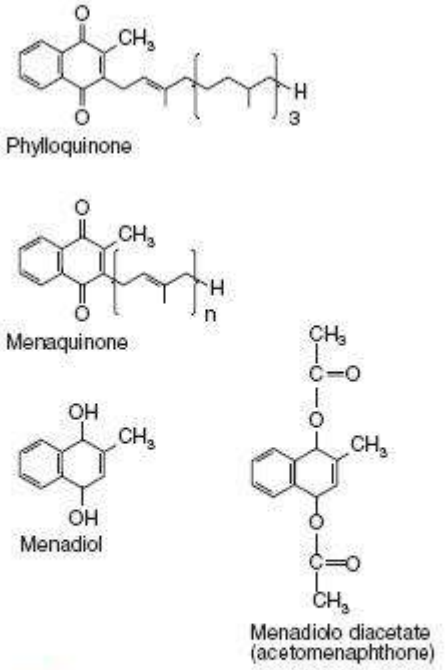


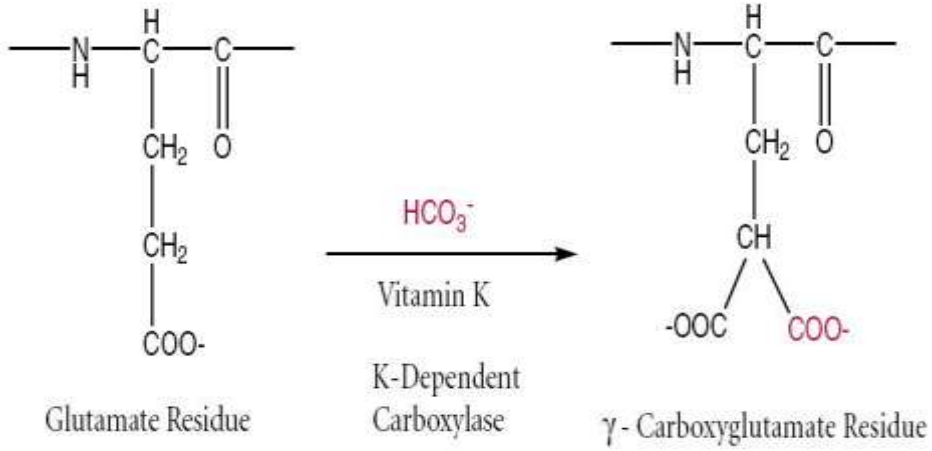
Figure 45–7. The vitamin K vitamers. Menadiol (or menadione) and menadiol diacetate are synthetic compounds that are converted to menaquinone in the liver and have vitamin K activity.

باعتبار أن الفيتامين K ذواب في الدسم فإن سوء امتصاص الدهن هو السبب الأشيع لعوزه ، و ككل أشكال الشحوم يتطلب امتصاصه وجود الأملاح الصفراوية ، و بعد امتصاصه ينقل من الخلايا المخاطية إلى باقي أنحاء الجسم (الكبد) عبر الدقائق الكيلوسية .

وظائف الفيتامين K :

يكمن الدور الرئيسي لهذا الفيتامين في المحافظة على المستويات الطبيعية من عوامل تخثر الدم ، و هذه العوامل هي العوامل (II,VII,IX,X) حيث تصطنع العوامل بشكل رئيسي في الكبد على شكل طلائع بروتينات غير فعالة ، و يتطلب تحولها إلى الشكل الفعال وجود الفيتامين K ليقوم بدور الكوأنزيم لأنزيم الكربوكسيلاز ، الذي يعمل على إدخال زمرة

الكربوكسيل في الحمض الأميني الغلوتاميك ليشكل مركب غاما–كربوكسي غلوتاميك (غاما كربوكسي غلوتاميك) محولاً بذلك العامل من طليعته الخاملة إلى عامل تخثر فعال.



و كمثال على ذلك ندرس تحول العامل II و هو البروترومبين إلى الترومبين الفعال :

يحوي العامل II على عشر ثمالات من γ–كربوكسي الغلوتاميك في شكله الفعال :

نلاحظ التفاعل المتبادل بين ترومبين والصفحيات الدموية بوجود شوارد الكاليسوم : العامل الناتج عن الكربلة يمتلك قدرة على تشكيل جسور كلسية من خلال ربط ثمالتي γ–كربوكسي غلوتاميك عبر زمرتي الكربوكسيل COO^- من جهة و شاردة الكالسيوم Ca^{+2}من جهة أخرى ، و من الجهة الأخرى يتشكل ارتباط بين الكالسيوم و الشحوم الفوسفورية الموجودة على أغشية الصفيحات الدموية ، و بذلك يحصل ربط لعوامل التخثر مع الصفيحات مما يسمح بانطلاق عملية التخثر بسرعة كما تظهر في هذا المخطط :

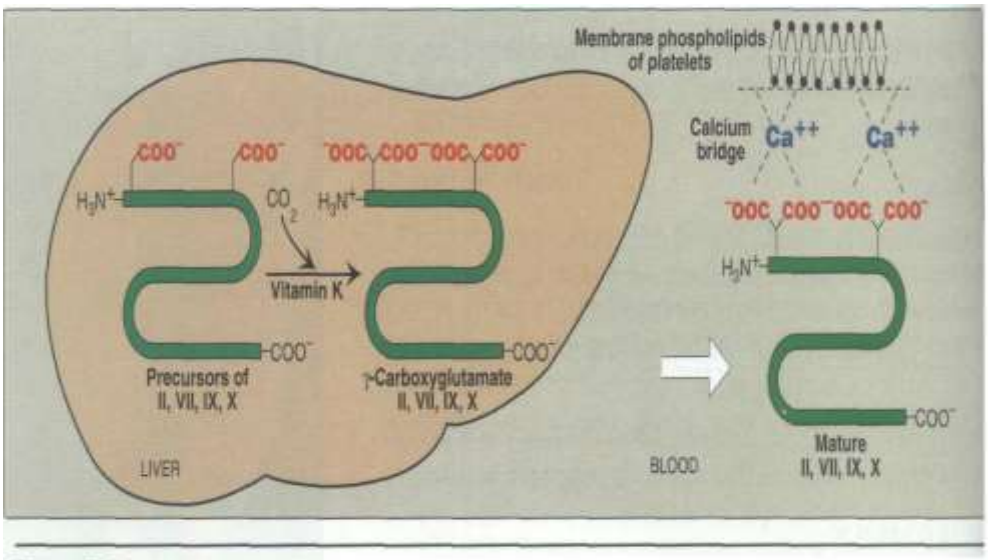
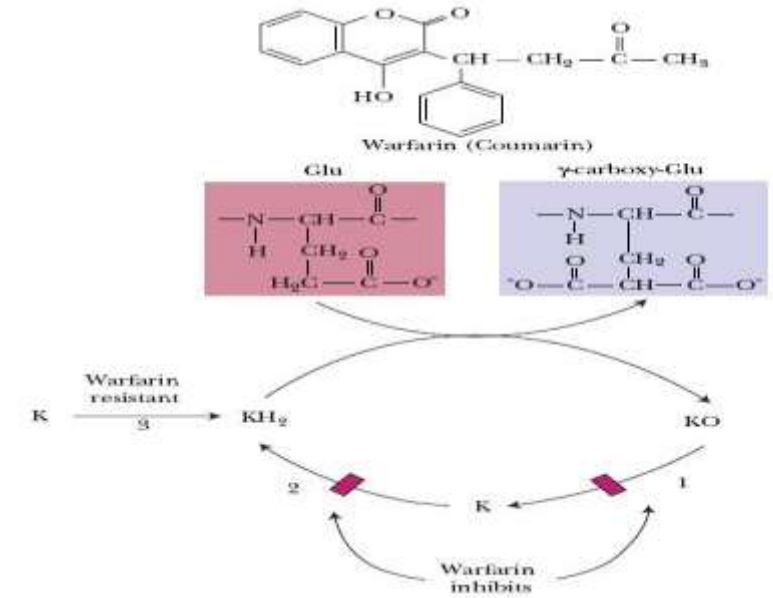


Figure 28.27
Role of vitamin K in blood coagulation.

المخطط الاتي يوضح دور مضادات التخثر حيث تساهم من خلال تثبيط أعادة الشكل غير الفعال للفيتامين K الى الشكل الفعال من خلال الوارفرين يثبط تحول الشكل المؤكسد الى الشكل المرجع .



الأهمية الحيوية :

- يتدخل بشكل مباشر في اصطناع عوامل التخثر 2 ، 7 ، 9 ، 10..
- ينشط تفاعلات الكربوكسيلاز (ضم الكربوكسيل) .
- يتدخل في شلال التخثر .

عوز الفيتامين K : إن هذا الفيتامين متوافر بكثرة في النسج النباتية و الحيوانية المستعملة كأطعمة ، كما أن الفلورا المعوية تستطيع تأمين مدد منه يقارب نصف حاجة الفرد ، لذلك لا نلاحظ عوزه لدى البالغين إلا نادراً ، و بالمقابل يشيع عوزه عند الرضع بعد الولادة له

عدة أسباب :

- عدم قدرة هذا الفيتامين على عبور المشيمة ، فلا يملك الرضيع أي مخزون منه
- تكون أمعاء الطفل عقيمة من الجراثيم بعد الولادة .

لذلك يعاني الطفل نقصاً في تركيز الفيتامين K في البلازما و لا بد من تعويضه غذائياً .
العوز ينقص من كمية البروترومبين و يؤثر على عملية التخثر بصورة واضحة ، مسبباً متلازمات نزفية خاصةً النزوف الخارجية في الجهاز الهضمي .
يمكن أن ينتج العوز بنتيجة سوء الامتصاص العائد لخلل في الحويصل الصفراوي أو لضمور مخاطية الأمعاء ، كما يمكن له الحدوث بفعل المضادات الحيوية التي تعقم الأمعاء من الفلورا المعوية الصانعة لهذا البروتين

الحاجة اليومية RDA :

1 ميكرو غرام لكل 1 كغ من وزن الجسم ، ويوجد بكثرة في اللحوم ومشتقات الحليب (أي الشكل الحيواني منه) .

الفيتامين E

يسمى هذا الفيتامين كذلك بالفيتامين و ، أو الفيتامين هـ ، وهو من عائلة مركبات كيميائية تسمى التوكوفيرولات .

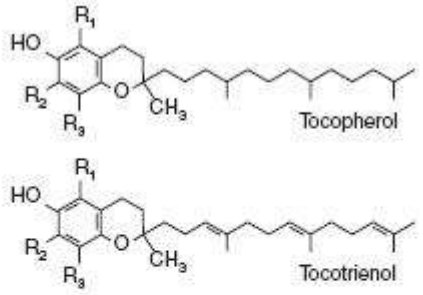
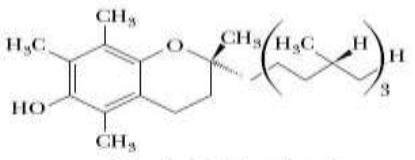


Figure 45–5. The vitamin E vitamers. In α-tocopherol and tocotrienol R_1, R_2, and R_3 are all —CH_3 groups. In the β-vitamers R_2 is H; in the γ-vitamers R_1 is H, and in the δ-vitamers R_1 and R_2 are both H.

التركيب :

التوكوفيرولات فصيلة من المركبات الكيميائية وهي 6- هيدروكسي الكرومانات مستبدلة الايزوبرينوئيد (تحتوي على جملة حلقية مؤلفة من حلقتين سداسيتين ، ترتبط بهما بعض الزمر المتيلية ، بالإضافة إلى سلسلة جانبية هي نفسها سلسلة الإيزوبرونوئيد الموجودة في الفيتامين K ،)

- تختلف مركبات التوكوفيرولات عن بعضها بعدد الزمر المتيلية (المتواجدة في الحلقة)، وتصنف تبعاً لذلك إلى عدة أصناف هي α ، β ، γ ، σ ، وأشهرها α توكوفيرول الذي يحتوي على 3 زمر متيلية في المواقع 5 ، 7 ، 8 .



Vitamin E (α-tocopherol)

FIGURE 18.38 • The structure of vitamin E (α-tocopherol).

مصادره والنقل:

يوجد هذا الفيتامين في زيوت القمح وعباد الشمس وفول الصويا ، وهو قليل في زيت السمك ، وينتقل هذا الفيتامين مع الدقائق الكيليوسية التي توزع الفيتامين الى مختلف النسج التي

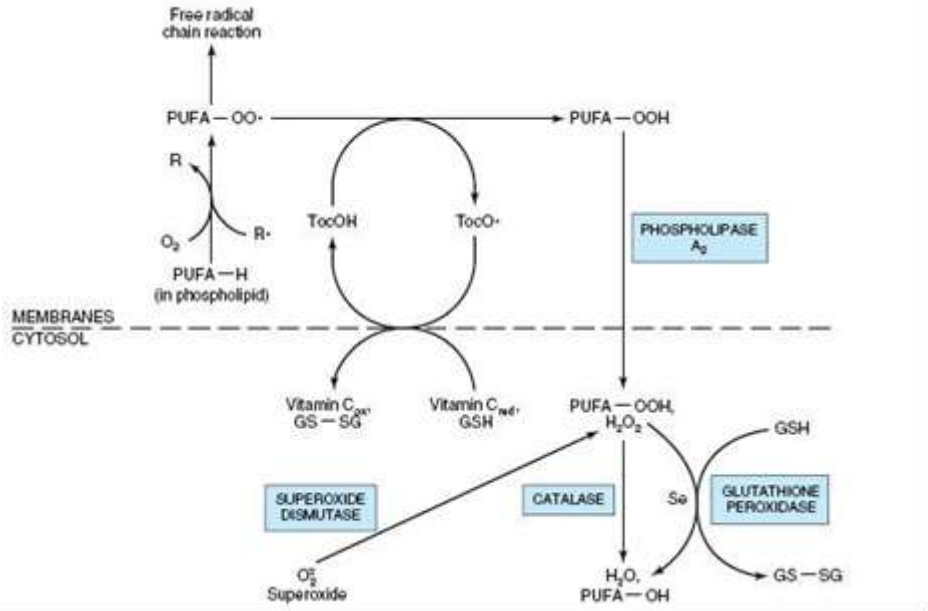
تحتوي ليباز البروتين الشحمي ومن ثم الى الكبد ومن تنقل من الكبد وتخزن بالنسيج الشحمي بواسطة VLDL .

– يعتبر خط الدفاع الول ضد الاكسدة الفائقة للحموض الدسمة عديدة اللاشباع والمتواجدة في الشحوم الفوسفورية .

<u>الأهمية الحيوية :</u>أهم مضادات الأكسدة في الجسم .يحمي المواد الدسمة من الأكسدة وبخاصة LDL . والأغشية الخلوية. يعمل أكثر شيء في الأمكنة ذات الضغوط العالية بالأكسجين (أغشية الكريات الحمر والأسناخ الرئوية) .

- يدخر في النسيج الشحمي والبروتينات الشحمية ويقوم بتحويل الجذور الحرة إلى مواد غير مؤذية للمادة الحية ، ويتطلب عمله وجود الفيتامين C لأنه (أي E) عندما يتفاعل مع الجذور الحرة يتأكسد ويصبح غير فعال ، ويعود إلى الشكل الفعال بتأثير الفيتامين C الذي يساهم في اعادته الى الشكل الفعال ، وهذا العمل هو التآزر بين الفيتامينات والذي تحدثنا عنه سابقاً .

المخطط الاتي يوضح ذلك :



- له دور في المحافظة على البنية والوظيفة العصبية .
- يحسن المناعة ، ويقي من السرطانات .
- **عوزه**

تزداد الحاجة له مع قوت النساء الحوامل والمرضعات للرضع الولدان.

تزداد الحاجة له مع زيادة تناول الدهون العديدة اللاشباع