الفصل السابع

الفيتامينات الذائبة في الدهن Fat Soluble Vitamins

● المقدمة ● تعاريف ومصطلحات ● تقسيم الفيتامينات ● فيتامين ا
● فيتامين د ● فيتامين هـ (ألفاتوكوفيرول) ● فيتامين ك

(٧,١) المقدمة

الفيتامينات عبارة عن مركبات عضوية موجودة بتركيزات منخفضة في الأغذية ويحتاجها جسم الإنسان بكميات قليلة جدًا لاستخدامها كمرافقات الإنزيمات coen-zymes أثناء أكسدة الدهون والكربوهيدرات والبروتينات في خلايا الجسم. تتميز الفيتامينات بأنها لا تنتج طاقة noncaloric في جسم الإنسان، ولا تدخل ضمن نواتج التفاعلات الكيميائية الضرورية للنمو وإصلاح الأنسجة التالفة في الجسم وإنتاج الطاقة والتكاثر. وعلى الرغم من أن الجسم يحتاج إلى كميات ضئيلة جدًا من الفيتامينات إلا أنها تعد مهمة جدًا لاستمرار الحياة. ويحصل جسم الإنسان على جميع احتياجاته من الفيتامينات من الوجبات الغذائية المتناولة باستثناء فيتامين د (D) الذي يمكن تصنيعه داخل الجسم. كذلك فإن بعض الفيتامينات الأخرى مثل فيتامين ك (K) والفولاسين folacin وفيتامين ب ١٢ (B12) والثيامين (B1) يمكن تصنيعها بمعدلات محدودة بواسطة الميكروبات الموجودة في الجهاز الهضمي. كما يتناول الإنسان بعض الفيتامينات (فيتامين ا "A" وفيتامين د "D" والكولين والنياسين) في صورة مولدات precursors غير فعالة تتحول داخل الجسم إلى الصورة الفعالة فسيولوجيًا للفيتامين. وتظهر عادة أعراض نقص الفيتامينات على الإنسان أو الحيوان الذي يتناول وجبات غذائية نقية pure مؤلفة من البروتينات النقية (مثل الكازين والألبيومين) والكربوهيدرات النقية (مثل الدكسترين) والدهون النقية والمياه النقية والمعادن النقية.

(٧,٢) تعاريف ومصطلحات

قرين إنزيم Coenzyme

يطلق مصطلح قرين إنزيم على جميع الفيتامينات أو المعادن التي تكون مقترنة بالإنزيمات كجزء منها وتعمل على تنشيطها activators .

نقص الفيتامين Avitaminosis

كلمة تعني عدم وجود الفيتامين في الجسم، فمثلاً avitaminosis K تعني نقص فيتامين ك (K) في الجسم، مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقصه على الإنسان.

نقص الفيتامين الحدي Marginal

يعني نقص في الفيتامين، إلا أن أعراض النقص لا تظهر على الشخص إنما يمكن تشخيصها بطرق التقويم الكيميوحيوية biochemical evaluation .

مولد الفيتامين Provitamin or precursor

وهو الصور غير الفعالة للفيتامين والتي يتناولها الشخص مع الغذاء وتتحول داخل الجسم إلى الصورة الفعالة للفيتامين ومثالها مركب ٧ ـ ديهيدروكوليسترول 7-de-hydrocholestrol الذي يتحول إلى فيتامين د (D) . وكذلك مركب الكاروتين carotene الذي يتحول داخل الجسم إلى فيتامين ا (A) وحمض التربتوفان الذي يتحول داخل الجسم إلى نياسين، ويوجد مولد فيتامين ا فقط في الأغذية النباتية.

زيادة الفيتامين Hypervitaminosis

تعني تناول جرعات مفرطة من الفيتامين تؤدي إلى ظهور أعراض التسمم واضطراب في العمليات الحيوية بالجسم.

مضادات الفيتامينات Antivitamins

وهي المواد التي تعوق الفيتامين من القيام بوظائفه الحيوية داخل الجسم، مما

يؤدي إلى ظهور أعراض نقصه على الإنسان. ولقد استطاع الإنسان أن يتعرف على أكثر من عشرين فيتامينًا حتى الوقت الحاضر ثم تمكن من عزلها بصورة نقية وتحديد الاحتياجات اليومية منها ومعرفة أعراض نقصها وسميتها، بالإضافة إلى معرفة تراكيبها ووظائفها الحيوية داخل الجسم.

(٧,٣) تقسيم الفيتامينات Classification of Vitamins

يمكن تقسيم الفيتامينات تبعًا لقابليتها للذوبان إلى الآتي:

أولاً: الفيتامينات الذائبة في الدهن Fat soluble vitamins

تتضمن جميع الفيتامينات القابلة للذوبان في الدهن ومذيبات الدهون Fat solvents ومثالها فيتامين د (D) و ا (A) و هـ (E) و ك (K). وتتميز هذه الفيتامينات بالخواص التالية:

١ ـ لا تهدم أو تتلف بسهولة أثناء عملية طهي الطعام.

٢ ـ غير قابلة للذوبان في الماء، لذا لا تفقد في ماء الطهي.

٣ ـ تخزن الكمية الزائدة منها عن حاجة الجسم في أنسجة محددة في الجسم خصوصًا الكبد (٩٠٪ من المجموع الكلي المخزن في الجسم) والأنسجة الدهنية adipose tissue مما يؤدي إلى ظهور أعراض التسمم.

٤ ـ توجد في الأغذية إما في صورة فيتامينات أو مولدات الفيتامينات precursors.

٥ ـ تمتص من خلال جدار الأمعاء الدقيقة في صورة متحدة مع الدهون، لهذا تتأثر سرعة امتصاصها بمقدار الدهون الموجودة في الوجبة الغذائية.

٦ ـ تمتص بمعدل بطيء مقارنة بالفيتامينات الذائبة في الماء وتنتقل بوسطة الأوعية الدموية أو الليمفاوية lymphatic vessels بعد ارتباطها بحامل بروتيني protein carrier نظرًا لعدم ذوبانها في الماء.

٧ ـ تستعمل أساسًا لتصنيع وحدات أو أجزاء تركيبية وبنائية في الجسم.

٨ ـ يتخلص الجسم من المخلفات الأيضية للفيتامينات الذائبة في الدهن مع البراز.

ثانيًا : الفيتامينات الذائبة في الماء Water soluble vitamins

وهذه المجموعة من الفيتامينات سوف نشرحها بالتفصيل في الفصل التالي إن شاء الله.

(٧,٤) فيتامين ا (ريتنول) Vitamin A or Retinol

(٧,٤,١) لمحة تاريخية

كان قدماء المصريين من ٣٦٠٠ سنة قبل الميلاد يستخدمون كبد الحوت لمعالجة ضعف البصر وأمراض العيون، وتبعهم في ذلك الصينيون بعد ذلك بقرن من الزمان كما عرف عن الطبيب الإغريقي الفيلسوف أبوقراط Hypocrates أنه كان يصف الكبدة لمرضاه لمعالجة العشى الليلي (العمى الليلي).

فلقد اكتشف العالمان مكولم McCollum ودافز Davis من جامعة وسكونسن Wis-consin والعالمان أوسبورن Osborne ومنديل Mendel من جامعة يالي Yale في عام ١٩١٣م أن الفئران rats التي تتغذى الوجبات النقية purified diets مع دهن الخنزير lard كمصدر وحيد للطاقة لا تستطيع النمو، وتصاب بتقرح في العينين soreness of the eyes . ولكن عندما أعيد تغذية هذه الحيوانات مرة أخرى على الزبدة butter fat أو مستخلص صفار البيض أو زيت كبد الحوت فإن نمو الفئران عاد إلى وضعه الطبيعي، وتم شفاء العينين. ويعد العالم مكولم McCollum أول من أطلق مصطلح «فيتامين ا الذائب في الدهن» fat soluble vitamin A في عام ١٩١٥م. ثم أوضح العالم ستين بوك Steenbock من جامعة وسكونسن Wisconsin بعد ذلك أن الصبغات النباتية الصفراء الملونة، والتي تسمى بالكاروتينات carotenes والتي توجد في الخضروات والفواكه هي التي تمثل فيتامين ا النشط. وتسمى هذه الكاروتينات حاليًا بمولدات فيتامين ا precursors of Vit. A أو سابق فيتامين ا provitamin A لأنها تتحول داخل جسم الإنسان إلى فيتامين ا . وفي عام ١٩٢٢م بين العالم موراي Mori أن نقص فيتامين ا هو المسبب لمرض العمى الليلي، تلاه العالم والد Wald الذي توصل في عام ١٩٣٥م إلى أن هذا الفيتامين هو المسؤول عن الرؤية في الضوء الضعيف، ثم قام كارير Karrer في عام ١٩٣٧م باستخلاص الفيتامين من زيت كبد الأسماك، ولكن لم يتم استخلاصه تجاريًا وتصنيعه معمليًا إلا في أواخر الأربعينيات.

(٧,٤,٢) المسميات Nomenclature

توجد عدة أسماء لفيتامين ا ، ومنها:

١ ـ الريتنول retinol (فيتامين ا الكحولي) ومشتقاته مثل استرات الريتنول retinol esters وألدهيد الريتنول (ريتنال، retinaldehyde retinal) وحمض الريتنويك retinoic acid والريتنول منزوع الهيدروجين 3-dehydroretinol (A) وتمثل هذه المركبات الشكل الجاهز لفيتامين ا، وتوجد في المنتجات الحيوانية عديمة اللون أو ذات اللون الفاتح .

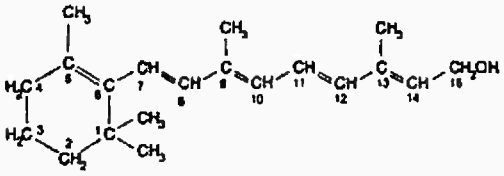
٢ ـ سابق فيتامين ا provitamin A مثل البيتا ـ كاروتين وجاما ـ كاروتين وألفا ـ كاروتين وغيرها، وهي عبارة عن صبغات نباتية تعرف بالكاروتينات، وتوجد في الفواكه الصفراء والأوراق الخضراء. كما قد تحتوي الزبدة والقشدة على فيتامين ا والكاروتين.

(٧,٤,٣) التركيب البنائي Structure

يتكون البيتا كاروتين من عدد كبير من ذرات الكربون والهيدروجين، ويحتوي على حلقتين من البيتا ـ أيونون β-ionone ملتصق بها ثلاث من مجموعات المثيل (CH_3) . أما ألفا وجاما ـ كاروتين فيحتويان على حلقة واحدة من البيتا ـ أيونون، لذا فإن الجزيء الواحد من البيتا ـ كاروتين يتحول داخل الجسم إلى جزيئين من فيتامين ا (Retinol) نظريًا، في حين ينتج الجزيء الواحد من ألفا أو جاما ـ كاروتين جزيئًا واحدًا من فيتامين ا، لذلك يعتبر البيتا ـ كاروتين من أكثر الكاروتينات فعالية في إنتاج فيتامين ا . وتشبه المركبات الكاروتينية carotenoids الأخرى مثل الكربتوزانثين cryptoxanthin والزانثوفيل xanthophyll البيتا كاروتين في تركيبها فيما عدا احتوائها على مجموعات هيدروكسيل في حلقة البيتا ـ أيونون، لهذا فإنها غير فعالة لتكوين فيتامين ا . كما توجد حلقة البيتا ـ أيونون في صورة مفتوحة في مركب الليكوبين الموجود في الطماطم، وهو من الكاروتينات غير الفعالة لإنتاج فيتامين ا . يتضح مما سبق ذكره أن فيتامين ا (الريتنول retinol) يتكون من سلسلة هيدروكربونية تحتوي على حلقة بيتا ـ أيونون واحدة في إحدى الأطراف ومجموعة كحول في الطرف الآخر.

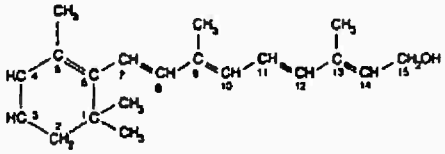
ولقد وجد بأنه يمكن لمجموعة الكحول في جزيء فيتامين ا أن تكون إسترات مع البروتين والأحماض الدهنية تسمى retinyl esters ، كما أن مجموعة الكحول قد تتأكسد في

الجسم إلى ألدهيد الريتنول retinaldehyde (ريتنال). وقد يتكون حمض الريتنويك re-tinoic acid نتيجة لتحول مجموعة الكحول إلى مجموعة كربوكسيل. ويوضح الشكل (١, ٧) التركيب البنائي لفيتامين ا ومشتقاته والبيتا ـ كاروتين.



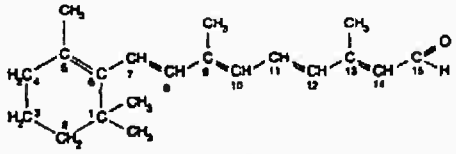
Vitamin A_1 or Retinol

فيتامين $أ_1$ (ريتنول)



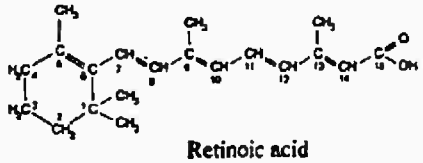
Vitamin A_2 or 3-dehydroretinol

فيتامين $أ_2$ (ريتنول منزوع الهيدروجين)



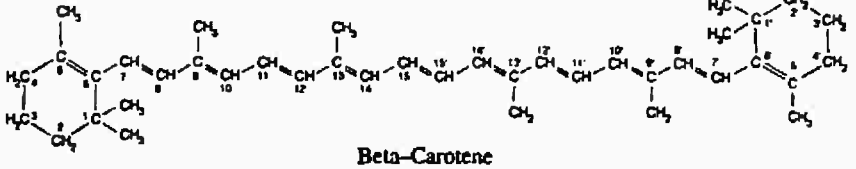
Retinal

ريتنال



Retinoic acid

حمض الريتنويك



Beta–Carotene

بيتا – كاروتين

شكل (١, ٧) . التركيب البنائي لفيتامين ا ومشتقاته والبيتا ـ كاروتين.

توجد الكاروتينات والريتنول ومشتقاته في عدة مناظرات هندسية isomeric forms مختلفة أهمها:

١ ـ المتناظرات (المتجازئات) المتجاورة cis isomers .

٢ ـ المتناظرات المتقابلة trans isomers ، وهي تتميز بأنها ذات فعالية حيوية مرتفعة highest biological activity .

وتحتوي البيتا ـ كاروتينات على المتناظرات المتقابلة، لهذا فهي تحد من أكثر الكاروتينات فعالية في إنتاج فيتامين ا ، إذ أن جزيئًا واحدًا منها ينتج جزيئين من فيتامين ا . أما الكاروتينات الأخرى فإن فعاليتها كفيتامين تبلغ حوالي ٥٠٪ من فعالية البيتا ـ كاروتين كما ذكر سابقًا.

(٧,٤,٤) خواص فيتامين ا Properties of vitamin A

١ ـ الفيتامين النقي عبارة عن بلورات صفراء باهتة سريعة التأكسد عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية أو الضوء أو الحرارة المرتفعة جدًا (أعلى من ١٠٠°م) أو التجفيف أو عندما يحدث تزنخ للزيت المحتوي عليه.

٢ ـ قابل للذوبان في الدهن وبعض المذيبات solvents العضوية، بينما لا يذوب في الماء.

٣ ـ يقاوم التبريد والتعقيم وحرارة الطهي العادية.

٤ ـ يتلف بالأحماض وأثناء عملية الهدرجة المتبعة في تصنيع الدهون.

٥ ـ ينصهر الفيتامين على درجة ٦٢ ـ ٦٤°م، وله وزن جزيئي قدره ٢٨٦,٤ .

(٧,٤,٥) وظائف فيتامين ا Function of vitamin A

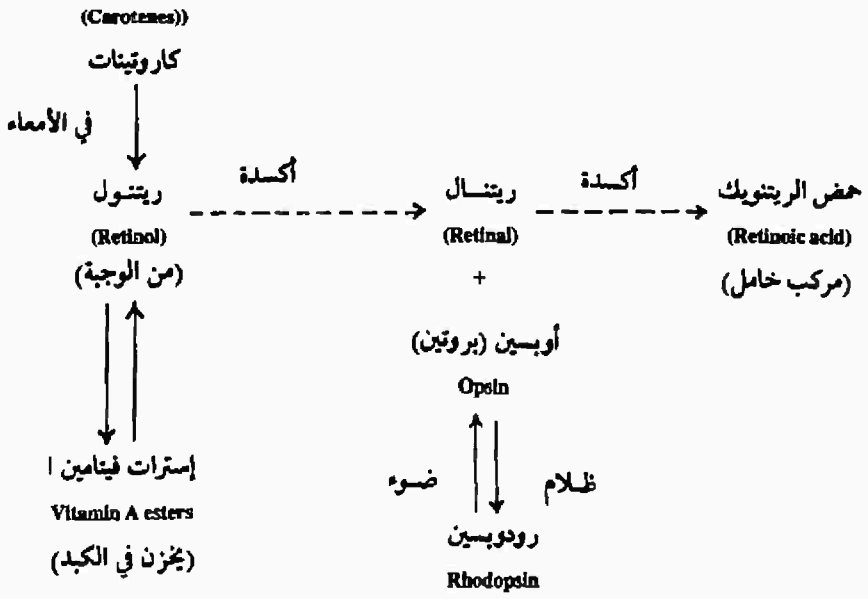
يمكن تلخيص وظائف الريتنول في جسم الإنسان كالتالي:

١ ـ الرؤية في الضوء الخافت Dim light vision

كان العالم George Wald هو أول من عرف دور فيتامين ا في الرؤية بوضوح ومنح على ذلك جائزة نوبل في عام ١٩٦٧م، فلقد أوضح هذا العالم بأن شبكية العين retina تتألف من خلايا عصوية rods مسؤولة عن الرؤية ليلاً أو في الضوء الضعيف وخلايامخروطية cones

مسؤولة عن الرؤية نهارًا أو في الضوء القوي. وتحتوي الخلايا العصوية على صبغة الرودوبسين rhodopsin (صبغة أو أرجوان الإبصار visual purple)، في حين تحتوي الخلايا المخروطية على صبغة الأودوبسين idopsin . وتتكون صبغة الرودوبسين في الظلام في الخلايا العصوية من اتحاد بروتين الأوبسين مع الريتنال من نوع سيس (cis-isomer) وبذلك يتمكن الفرد من الرؤية في الضوء الخافت. أما صبغة الأودوبسين فتتكون من اتحاد بروتين الفوتوبسين photopsin مع الريتنال. أي عند سقوط الضوء الضعيف على شبكية العين تتحلل صبغة الرودوبسين إلى أوبسين والريتنال (يتهدم جزء كبير منه).

يتضح مما ذكر أعلاه أن نقص فيتامين ا يؤدي إلى نقص في تكوين الرودوبسين (أرجوان الإبصار)، مما يؤدي إلى عدم قدرة الفرد على الإبصار في الضوء الخافت. وهو ما يعرف باسم العمى الليلي night blindness ، وينذر حدوثه باحتمال الإصابة بالعمى الكلي في المستقبل. ويوضح الشكل (٢, ٧) العلاقة بين الصور الحيوية المختلفة لفيتامين ا وتكوين صبغة الإبصار في العين.



شكل (٢, ٧) . دور فيتامين ا في الإبصار.

٢ ـ المحافظة على الأغشية المخاطية Mucus membranes maintenance

تعتبر الأغشية المخاطية مهمة جدًّا لجسم الإنسان لأنها تفرز المخاط mucus الذي يعمل كطبقة واقية ضد مهاجمة البكتريا، مما يحمي الإنسان من الإصابة بالالتهابات والأمراض المعدية infections . ويلعب فيتامين ا دورًا مهمًّا في بناء وتكوين الأغشية المخاطية المبطنة للعين cornea والجهاز التنفسي والفم والقناة الهضمية والقناة البولية . لهذا فإن نقص فيتامين ا يؤدي إلى عدم قدرة الأغشية المخاطية على إفراز المخاط مما يعمل على تصلب (تقرن) الأغشية المخاطية المبطنة للقرنية (الغطاء الخارجي للعين) keratinization of cornea وهذا يعرف بمرض جفاف العين xerophthalmia . وتظهر أعراض مرض جفاف العين على شكل جفاف في القرنية وورم للجفون وقلة إفراز الدموع وظهور بقع وقروح بيضاء تشبه الرغوة على القرنية ثم يحدث العمى الدائم في النهاية . كذلك فإن تصلب الأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي يؤدي إلى تكرار الإصابة بالالتهابات، كما يؤدي نقص هذا الفيتامين إلى حدوث جفاف وتحرش في الجلد خصوصًا الفخذين والذراعين وينتشر مرض العمى الدائم (الكلي) الناتج من نقص فيتامين A في بعض البلدان النامية مثل إندونيسيا وأفريقيا والهند، حيث أشارت الإحصائيات إلى أن هناك ٢٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ حالة من العمى الكلي سنويًّا . وتجدر الإشارة إلى أن مرض جفاف العين يحدث في جميع الأعمار المختلفة، إلا أنه ينتشر بكثرة بين الأطفال المصابين بسوء التغذية نتيجة نقص السعرات والبروتين .

٣ ـ النمو Growth

يلعب فيتامين ا دورًا بارزًا بالنسبة لنمو العظام والأسنان عند الأطفال، حيث يؤدي نقصه إلى عدم قدرة العظام على النمو طوليًّا وعرضيًّا، في حين تؤدي الزيادة منه إلى هشاشة العظام وسهولة كسرها . كذلك فإن تغذية الفئران على غذاء خالٍ من فيتامين ا يؤدي إلى توقف نموها كلية . كما أن فيتامين ا ضروري لنمو الجنين وتطور المشيمة .

٤ ـ التكاثر Reproduction

يؤدي نقص فيتامين ا إلى ضعف في التكاثر وفي تكوين الحيوانات المنوية نتيجة لتحلل

خلايا الأعضاء الجنسية. كما أن هذا الفيتامين يعد ضروريًا لتكوين البروتينات الكربوهيدراتية glycoproteins .

(٧,٤,٦) مصادر فيتامين ا الغذائية Dietary sources of vitamin A

يعتبر كبد الحيوانات والأسماك من المصادر الغذائية الغنية بفيتامين ا، لأن الحيوانات والأسماك تخزن الفيتامين في كبدها، لهذا فإن تناول الفرد الكبدة مرة في الأسبوع يمده بجميع احتياجاته من فيتامين ا . كذلك يوجد فيتامين ا بكميات كبيرة في صفار البيض والزبدة والحليب الكامل الدسم ومنتجاته والجبن وزيت السمك والقشدة. كما تعد الخضروات الورقية الخضراء والفواكه الصفراء كالجزر والمشمش والبابايا والخوخ والبطاطا والقرع العسلي وورق العنب والبقدونس والملوخية والسبانخ والأسبرجس من المصادر الغنية بالكاروتين. أما الحبوب والزيوت النباتية فيما عدا زيت النخيل الأحمر فإنها لا تعد مصادر لفيتامين ا . وتجدر الإشارة إلى أن الزبدة المصنعة (المارجرين) تُعدُّ مصدرًا جيدًا للريتنول الذي يضاف إليها أثناء التصنيع. ويبين جدول (٧,١) محتوى بعض الأغذية من فيتامين ا .

جدول (٧,١) . محتوى بعض الأغذية من فيتامين ا (Vitamin A) .

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	فيتامين ا (وحدة دولية IU)	مكافىء الريتنول (RE)
الخضروات والفواكه[1]			
سبانخ spinach	نصف كوب	١٠٦٠٠	١٠٦٠
جزر مقطع diced	نصف كوب	٩٠٦٥	٩٠٦
كرنب kale	نصف كوب	٤٦١٠	٤٦١
بروكولي broccoli	نصف كوب	٢٥٥٠	٢٥٥
أسبرجس asparagus	نصف كوب	٩١٠	٩١
بازلاء	نصف كوب	٥٧٥	٥٨
كرنب ذو الرؤوس erusseles sprouts	نصف كوب	٢٦٠	٢٦
فاصوليا ليما	نصف كوب	٢٣٠	٢٣
كرنب أو ملفوف cabbage مطهي	نصف كوب (٧٥ جرامًا)	٧٥	٨
لفت turnip	نصف كوب (٧٥ جرامًا)	٥٤٠٠	٥٤٠
بطاطس حلوة	١ حبة صغيرة (١٠٠ جرام)	٦٧٠	٦٧

تابع جدول (١, ٧) .

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	فيتامين ا (وحدة دولية IU)	مكافىء الريتنول (RE)
مشمش جاف apricots	نصف كوب	٨١٩٥	٨٢٠
مشمش معلب	نصف كوب	٢٢٦٠	٢٢٦
باباي papay	نصف كوب	١٥٩٥	١٦٠
بطيخ watermelon	2 pound wedge	١٢٦٥	١٢٦
خوخ peaches	نصف كوب أو ١ حبة متوسطة	١١١٥	١١٢
برتقال	١ حبة متوسطة	٢٩٠	٢٩
موز	١ حبة متوسطة	٩٥	١٠
أناناس	نصف كوب	٩٠	٩
تفاح	١ حبة متوسطة	٩٠	٩
شمام cantaloup	ثلث حبة (١٠٠ جرام)	٣٤٠٠	٣٤٠
منتجات الألبان(٢)			
حليب كامل	١ كوب (٢٤٤ جرامًا)	٣٩٠	١١٨
جبن شدر cheddar	١ أوقية (٣٠ جرامًا)	٣٧٨	١١٤
زبدة butter	١ ملعقة مائدة	٢٣٠	٧٠
مارجرين margarine	١ ملعقة مائدة	٢٣٠	٧٠
حليب خال من الدهن	١ كوب (٢٤٤ جرامًا)	١٠	٣
اللحم والسمك والدواجن والبيض(٢)			
بيض	١ حبة كاملة	٥٩٠	١٧٩
بيض	صفار بيضة كاملة	٥٨٠	١٧٦
كبدة بقر	٣ أوقية	٤٥٤٥٠	١٣٧٧٣
كبدة خروف lamb	٣ أوقية	٤٣٠٠٠	١٣٠٣٠
كبد الدواجن	٣ أوقية	٢٧٠٠٠	٨١٨٢
كبد عجل calf	٣ أوقية	١٩٠٠٠	٥٧٥٨
لحم بقري مطهي	٣ أوقية	٥٠	

المصدر: Guthrie, H.A., (1983), p. 243 .

١ ـ يحسب مكافىء الريتنول بقسمة الوحدات الدولية (IU) على ١٠ .

٢ ـ يحسب مكافىء الريتنول بقسمة الوحدات الدولية على ٣, ٣ .

(٧, ٤, ٧) نقص فيتامين ا Deficiency of vitamin A

يخزن الكبد حوالي ٩٥٪ من فيتامين ا الموجود في الجسم، ويمد هذا المخزون الجسم باحتياجاته لمدة تصل إلى ٣ أشهر بالرغم من تناول وجبات غذائية فقيرة بفيتامين ا . ويؤدي

تناول وجبات غذائية منخفضة في محتواها من فيتامين ا إلى الآتي:

١ ـ العمى الليلي Night blindness

يعتبر العمى الليلي من الأعراض المبكرة لنقص فيتامين ا ، ويتميز بعدم قدرة الفرد على الرؤية في الضوء الخافت. وتجدر الإشارة إلى أنه يصعب على الطبيب معرفة المرض في الأطفال، لهذا يجب على الأم ملاحظة قدرة طفلها على الرؤية في الضوء الخافت لاكتشاف المرض مبكرًا. وينتج العمى الليلي من نقص فيتامين ا لأنه يدخل في تكوين صبغة الإبصار التي تعرف بالرودوبسين rhodopsin الموجودة في شبكية العين retina كما سبق ذكره. ويعالج العمى الليلي بإعطاء جرعات من فيتامين ا .

٢ ـ مرض جفاف القرنية Xerophlamia

عند الإصابة بهذا المرض تصبح القرنية سميكة وغير شفافة (معتمة) opaque ويحدث تصلب في ملتحمة العين والقرنية، وكذلك تظهر فيهما بقع وقروح على شكل رغوة وفي النهاية يحدث العمى الدائم نتيجة لعدم قدرة أشعة الضوء light rays من المرور إلى العين. كما وقد تصبح قرنية العين لينة keratomalacia في النهاية. ويبين الشكل (٣, ٧) تصلب قرنية العين نتيجة نقص فيتامين ا .

شكل (٣, ٧) . تصلب قرنية العين keratinization of cornea .

المصدر: Shills, M.E. and Young, V.R. (1988).

٣ ـ التهاب الجهاز التنفسي Respiratory infection

يلعب فيتامين ا دورًا مهمًا في تكوين الأنسجة المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي، مما يحميه من مهاجمة البكتريا والإصابة بالأمراض المعدية والالتهابات.

٤ ـ إعاقة النمو والتكاثر Reproduction and growth retardation

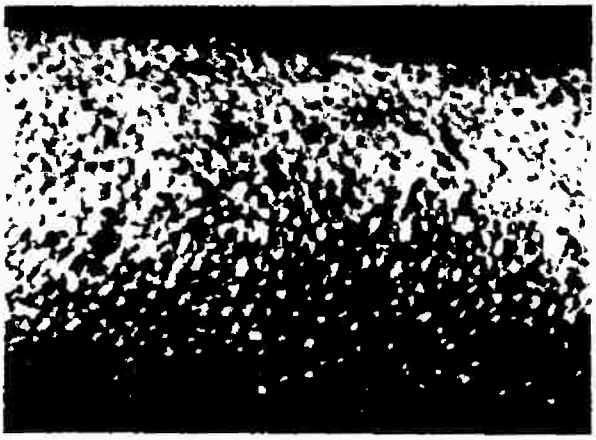
يتوقف نمو الأسنان نتيجة عدم تكون مادة الدنتين dentin (المادة الطرية تحت المينا) والمينا enamel التي تغطي الأسنان من الخارج.

٥ ـ زيادة التقرن Hyperkeratosis

وقد يحدث انسداد في كيس الشعر بسبب تراكم الكيراتين keratin ، مما يؤدي إلى تكوين نتوءات lumps بيضاء وتحبب سطح الجلد خصوصًا جلد الزراع كما في الشكل (٤, ٧).

٦ ـ إعاقة التكاثر Reproduction retardation

يؤدي نقص فيتامين ا إلى ضعف في تكوين الحيوانات ونمو الجنين وتطور المشيمة وكذلك يؤدي إلى حدوث تشوهات خلقية في الجنين.



شكل (٤, ٧). فرط التقرن الجريبي لجلد الزراع follicular hyperkeratosis.

المصدر: Whitney, E.N. *et al.* (1990).

٧ ـ تغيرات في الجلد Changes in skin

يصبح الجلد جافًا وخشنًا خصوصًا على الكتفين.

(٧, ٤, ٨) احتياجات فيتامين ا اليومية Daily requirements of vitamin A

تتوقف الكمية التي يحتاجها الشخص من فيتامين ا على وزن الجسم، فمثلاً يحتاج الجسم إلى ٦ ميكروجرامات ريتنول (٢٠ وحدة دولية) لكل كيلوجرام من وزن الجسم أو ٢٤ ميكروجرامًا بيتا ـ كاروتين (٤٠ وحدة دولية) لكل كيلوجرام من وزن الجسم. وقد كانت الوحدة الدولية تستخدم في السابق لقياس كمية الفيتامين المستهلكة، ولكن بعد توافر الريتنول في صورة بلورات نقية حديثًا فإن مكافئات الريتنول أصبحت تستخدم بدلاً من الوحدة الدولية.

ولقد أصدرت منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO عام ١٩٧٤م التوصيات التالية:

من الميلاد ـ ١ سنة: ١٠٠٠ وحدة دولية/اليوم (٣٠٠ ميكروجرامات ريتنول/يوم)
من ١ ـ ٣ سنوات: ٨٣٠ وحدة دولية/اليوم (٢٥٠ ميكروجرامًا ريتنول/ يوم)
من ٤ ـ ٦ سنوات: ١٠٠٠ وحدة دولية/اليوم (٣٠٠ ميكروجرامات ريتنول/ يوم)
من ٧ ـ ٩ سنوات: ١٣٣٠ وحدة دولية/اليوم (٤٠٠ ميكروجرامات ريتنول/ يوم)
من ١٠ ـ ١٢ سنة: ١٩١٥ وحدة دولية/اليوم (٥٧٥ ميكروجرامًا ريتنول/ يوم)
من ١٣ ـ ١٥ سنة: ٢٤١٥ وحدة دولية/اليوم (٧٢٥ ميكروجرامًا ريتنول/ يوم).
من ١٦ ـ ١٩ سنة: ٢٥٠٠ وحدة دولية/اليوم (٧٥٠ ميكروجرامًا ريتنول/ يوم).
الحوامل: ٢٥٠٠ وحدة دولية/اليوم (٧٥٠ ميكروجرامًا ريتنول/يوم).
المرضعات: ٤٠٠٠ وحدة دولية/اليوم (١٢٠٠ ميكروجرامات ريتنول/ يوم).
البالغون والبالغات: ٢٥٠٠ وحدة دولية/اليوم (٧٥٠ ميكروجرامات ريتنول/يوم).

كما حددت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية في مجلس البحوث الوطني (FNB/NRC, 1989) المقررات الغذائية المقترحة RDA من فيتامين ا والتي يمكن إيجازها في الآتي:

الأطفال من الولادة ـ السنة الأولى من العمر: ٣٧٥ ميكروجرامات مكافىء الريتنول في اليوم

الأطفال من ١ ـ ٦ سنوات : ٤٠٠ ـ ٥٠٠ ميكروجرام مكافىء الريتنول في اليوم

الأطفال من ٧ ـ ١٠ سنوات : ٧٠٠ ميكروجرام مكافىء الريتنول في اليوم

المراهقون والبالغون والمسنون : ١٠٠ ميكروجرام مكافىء الريتنول في اليوم

المراهقات والبالغات والمسنات والحوامل : ٨٠٠ ميكروجرام مكافىء الريتنول في اليوم

المرضعات : ١٣٠٠ و ١٢٠٠ ميكروجرام مكافىء الريتنول أثناء الستة أشهر الأولى والثانية من الرضاعة على التوالي.

ويمكن توضيح العلاقة بين وحدات قياس فيتامين ا كالتالي:

١ مكافىء الريتنول = ١ ميكروجرام ريتنول.

١ مكافىء الريتنول = ١٢ ميكروجراما مولدات فيتامين ا عدا بيتا ـ كاروتين B-Carotene.

١ مكافىء الريتنول = ١٠ وحدات دولية بيتا ـ كاروتين.

١ مكافىء الريتنول = ٣,٣٣ وحدة دولية ريتنول.

١ مكافىء الريتنول = ٦ ميكروجرامات بيتا ـ كاروتين.

١ وحدة دولية من فيتامين ا = ٠,٣ ميكروجرام ريتنول.

١ وحدة دولية من فيتامين ا = ٠,٦ ميكروجرام بيتا ـ كاروتين.

ويؤدي تناول الرضيع ١٠٠ ملليليتر من حليب الأم إلى إمداده بحوالي ٤٩ ميكروجرامًا من فيتامين ا . لهذا فإن إعطاء الرضيع ٨٥٠ ملليليترًا من حليب الأم يوميًا يمده بحوالي ٤٢٠ ميكروجرامًا من مكافىء الريتنول.

(٧,٤,٩) امتصاص فيتامين ا ونقله وأيضه وتخزينه Absorption; transportation; metabolism and storage of vitamin A

يوجد فيتامين ا في الوجبة الغذائية على صورة إسترات الريتنول retinyl esters التي تتحلل في الأمعاء بواسطة الإنزيمات المعوية والبنكرياسية إلى الريتنول retinol . ويتم امتصاص الريتنول من خلال جدار الأمعاء ويتحد داخل خلاياها مع الحمض

الدهني استياريك stearate أو باليتيك palmitate لتكوين إسترات الريتنول أو باليتات الريتنول retinyl palmitate or stearate . وتنقل إسترات الريتنول بواسطة الكيلوميكرونات chylomicorns عن طريق الجهاز الليمفاوي lymphatic system والدم إلى الكبد حيث تخزن فيه. أما بالنسبة للوجبة الغذائية المحتوية على مولدات فيتامين ا provitamins A (الكاروتينات carotenes) فإنها تُمتص من الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة (٣٣٪) وتتحول داخل خلايا الأمعاء الدقيقة إلى ريتينال retinal ثم إلى ريتنول retinol وفي النهاية إلى إسترات الريتنول retinyl esters . إلا أن بعض الكاروتينات تمتص كما هي من خلال جدار الأمعاء، ومنها ينقل عن طريق الليمف والدم إلى بعض أنسجة الجسم مثل الكبد والكليتين والنسيج الدهني. يتحلل فيتامين ا المخزن في الكبد في صورة إسترات الريتنول بفعل الإنزيمات إلى ريتنول عند حاجة الجسم إليه، وينقل في الدم مرتبطًا مع بروتين آخر يسمى «البروتين الرابط للريتنول retinol-bind- (RBP) ing protein» إلى أنسجة الجسم المختلفة ويعمل الكبد على تنظيم مستوى فيتامين ا في الدم حتى في حالة تناول غذاء خال من فيتامين ا لمدة طويلة (ثلاثة شهور). ويتأثر امتصاص فيتامين ا من الأمعاء الدقيقة بجميع العوامل التي تؤثر على امتصاص الدهون مثل تليف البنكرياس وانسداد قناة المرارة وأمراض الكبد. ولقد وجد أن نقص الزنك وفيتامين هـ والبروتين والدهون في الوجبة الغذائية يقلل من معدل امتصاص فيتامين ا كما وجد أن كمية فيتامين ا في كبد الرضيع تكون منخفضة بعد الولادة، لهذا ينصح بإعطائه الفيتامين في عمر أسبوعين. كما ينصح بإعطاء الأم الفيتامين أثناء الحمل وبعد الولادة لوقاية الرضيع من أمراض العين التي سبق الإشارة إليها.

(٧,٤,١٠) الإفراط في تعاطي فيتامين ا Hypervitaminosis A

يؤدي الإفراط في تناول فيتامين ا إلى التسمم نظرًا لأنه من الفيتامينات الذائبة في الدهن، وتخزن الكميات الزائدة منه عن احتياجات الشخص في الجسم. وتظهر أعراض التسمم بفيتامين ا بصفة متكررة على الأطفال بسبب الاهتمام الزائد من الأبوين فيما يتعلق بتقديم كميات زائدة من الأغذية المختلفة مثل حبوب الإفطار والبسكويتات الغنية بالفيتامينات، وذلك لضمان حصول الطفل على احتياجاته من

العناصر الغذائية، وجميع هذه الأغذية مدعمة بفيتامين ا . لقد أشارت الدراسات إلى أن تناول الطفل جرعة مقدارها ٥ ملليجرامات ريتنول في اليوم لمدة شهر واحد يؤدي إلى حدوث التسمم في الأطفال الرضع infants . كذلك ظهرت أعراض التسمم بفيتامين ا على الأطفال (١-٣ سنوات) الذين يأخذون جرعات يومية من فيتامين ا مقدارها ٣٠ - ١٥٠ ملليجراما ريتنول لعدة شهور. وتتمثل أعراض التسمم بفيتامين ا على الأطفال في صورة أكلان وجفاف في الجلد وآلام في الرأس وفقد الشهية للطعام anorexia وحدة الطبع irritability وضعف الشعر وضآلته sparse hair وانتفاخات في العظام الطولية نتيجة العرن العظمي (نامية عظمية فوق عظم) bone exostoses وتشوهات في الجمجمة (بروز الجبهة) والتقيؤ. وتجدر الإشارة هنا إلى أن تناول المرأة الحامل كميات زائدة من فيتامين ا يؤدي إلى حدوث تشوهات خلقية في الجنين ونمو غير طبيعي للجهاز التناسلي والبولي. كما ظهرت أعراض التسمم بفيتامين ا على البالغين خصوصًا النساء اللاتي تناولن جرعات تتراوح كمياتها بين ١٤ - ٩٠ ملليجرامًا ريتنول في اليوم لمدة تزيد على ثمانية شهور. وتظهر الأعراض في البالغين على صورة صداع وتضخم في الكبد والطحال وتغيرات في الجلد وفقدان الشعر واضطرابات في البطن وآلام في العظام والمفاصل وسهولة تكسر العظام، وتختفي أعراض التسمم بفيتامين ا بصورة سريعة عند التوقف عن تناول الفيتامين أو الأغذية الغنية به.

(٧,٥) فيتامين د Vitamin D or Cholecalciferol

(٧,٥,١) لمحة تاريخية

ساعد مرض الكساح rickets على اكتشاف فيتامين د، ففي عام ١٩٢٢م استعمل تروسو Trousseau زيت كبد الحوت cod liver oil لمعالجة الأطفال من الكساح، وتلاه ميلانبي Mellanby الذي وضع نظريته التي تقول بأن الكساح مرض غذائي يمكن معالجته بتناول زيت كبد الحوت وذلك بعد أن قام بإجراء تجارب ناجحة في علاج الحيوانات من الكساح. ويعد العالم ماكولم McCollum (١٩٢٢م) أول من أطلق اسم فيتامين د على العامل الذي يعالج الكساح antirachitic factor . وفي عام ١٩٢٤م استطاع العالمان ستين بوك Steenbock وهيس Hess من معرفة العلاقة بين

الأشعة فوق البنفسجية وفيتامين د ، ثم فيما بعد (١٩٣٠م) عزل فيتامين د النقي في صورة بلّورات crystalline ، وسمي كالسيفيرول calciferol .

(٧,٥,٢) المسميات Nomenclature

يعد فيتامين د من المواد المضادة للكساح ويوجد له صورتان مهمتان من الوجهة الغذائية وهما:

ا) فيتامين د ٢ vitamin D2 أو كالسيفيرول calciferol أو فيوستيرول vios-terol أو إرجوكالسيفيرول ergocalciferol .

ب) فيتامين د ٣ vitamin D3 أو كوليكالسيفيرول cholecalciferol .

يتكون فيتامين د ٢ من تعرض مادة الإرجستيرول ergosterol (مولد الفيتامين precursor) الموجودة في النباتات خصوصًا الطحالب والخميرة إلى الأشعة فوق البنفسجية كالتالي:

أشعة فوق البنفسجية (UV)

إرجستيرول ←---------- فيتامين د ٢

(Ergosterol) (Vitamin D2)

كذلك يتكون فيتامين د ٣ من تعرض مركب ٧ ـ ديهيدروكوليسترول 7-dehyd-rocholesterol (مولد الفيتامين precursor) الموجودة في الخلايا الحيوانية (الطبقة الدهنية تحت الجلد) إلى الأشعة فوق البنفسجية كالتالي:

الأشعة فوق البنفسجية (UV)

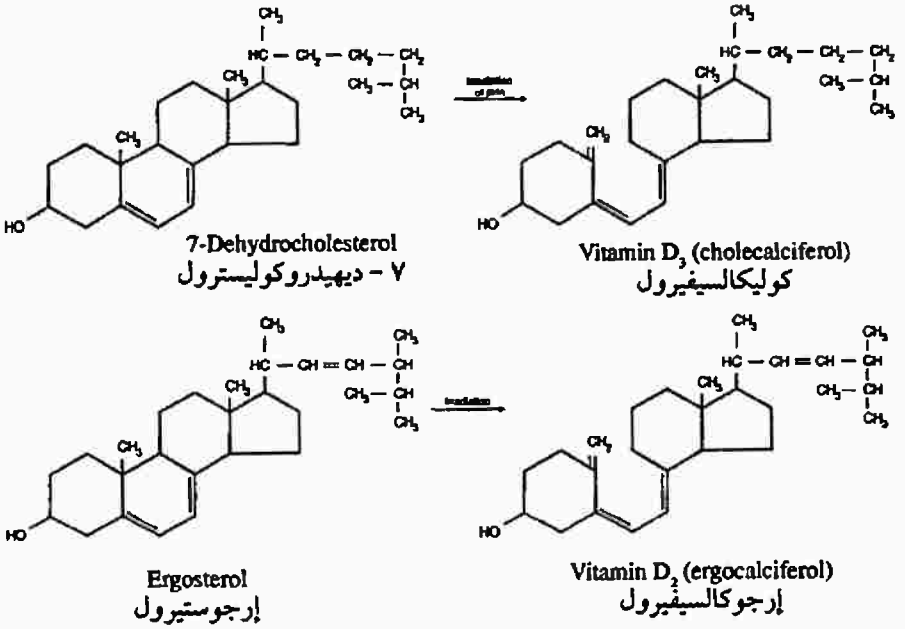
٧ ـ ديهيدروكوليسترول ←---------- فيتامين د ٣

(7-dehydrocholesterol) (Vitamin D3)

يتوافر فيتامين د ٣ الفعال فسيولوجيًا بكثرة في الطبيعة (الخلايا الحيوانية)، في حين أنه يوجد فيتامين د ٢ بشكل محدود جدًا في الطبيعة وعلى صورة مولدات الفيتامين provitamins . وتجدر الإشارة إلى أن تركيز الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس تكون أعلى ما يمكن بعد الشروق (الصباح الباكر) وقبل الغروب.

(٧,٥,٣) التركيب البنائي لفيتامين د Structure of vitamin D

تتبع مولدات فيتامين د إلى مجموعة الإستيرولات steroid الدهنية وهي تتكون من ثلاث حلقات سداسية وحلقة واحدة خماسية ويتميز الإرجوستيرول بوجود ثلاث روابط مزدوجة بدلاً من اثنتين كما في ٧ ـ ديهيدروكوليستيرول 7-dehydrocholesterol والشكل (٧,٥) يوضح التركيب البنائي لفيتامين د ومولداته.



شكل (٧,٥) : فيتامين د ومولداته.

المصدر: Lehninger, A. L. (1975).

(٧,٥,٤) خواص فيتامين د Properties of vitamin D

١ ـ الصورة النقية من فيتامين د عبارة عن بلورات بيضاء عديمة الرائحة قابلة للذوبان في الدهن والمذيبات العضوية، وغير قابلة للذوبان في الماء.

٢ ـ يقاوم الحرارة والأكسدة وتأثير القلويات، أي أنه من أكثر الفيتامينات استقرارًا ومقاومة للتلف.

٣ ـ ينصهر فيتامين د ٢ على درجة ١١٥ ـ ١١٧°م في حين ينصهر فيتامين د ٣

على درجة ٨٢ ـ ٨٣°م، ووزنها الجزيئي ٣٩٦ و ٣٨٤ على التوالي.

(٧,٥,٥) وظائف فيتامين د Functions of vitamin D

١ ـ امتصاص الكالسيوم والفوسفور Calcium and phosphorus absorption

يساعد فيتامين د على امتصاص الكالسيوم والفوسفور من الأمعاء حيث يحفز الشكل الهرموني ١،٢٥ ثنائي هيدروكسي كوليكالسيفيرول 1,25-$[OH]_2$D3 or Calcit-roil 1,25-dihydroxycholecalciferol على تخليق البروتين الحامل للكالسيوم (Ca-BP) calcium-binding protein والبروتين الحامل للفوسفور phosphorus-binding (P-BP) protein وهما ينقلان الكالسيوم والفوسفور خلال جدار الأمعاء (الاثنى عشر والقولون) إلى الدم.

٢ ـ المحافظة على مستوى الكالسيوم والفوسفور في الدم Maintenance of calcium and phosphorus in blood

يلعب هذا الفيتامين دورًا مهمًا في المحافظة على مستوى الكالسيوم والفوسفور في الدم خصوصًا عندما لا يحدث امتصاص لهذين العنصرين في الأمعاء نتيجة لانخفاضهما في الوجبة الغذائية ويتم ذلك كالآتي:

ا) يحفز الشكل الهرموني لفيتامين د (1,25-$(OH)_2$D3) على تحرك mobilization الكالسيوم والفوسفور وانتقالهما من العظام إلى الدم وذلك بمساعدة هرمون الباراثيرويد parathyroid hormone (PTH).

ب) يعمل فيتامين د على إعادة امتصاص الكالسيوم والفوسفور في الكليتين مما يقلل من فقدان هذه المعادن من الجسم ويزيد تركيزها في الدم.

٣ ـ ترسيب الكالسيوم والفوسفور في العظام

يلعب فيتامين د دورًا بارزًا في عملية تكلس العظام calcification أو التعظم ossification وهذا ناتج من تأثير الفيتامين المنشط لإنزيمات الفوسفوتيز القلوية alkalin phosphotases التي تساعد على امتصاص كميات أكبر من الكالسيوم وترسيبها في العظام.

(٧,٥,٦) مصادر فيتامين د الغذائية Dietary sources of vitamin D

يمكن تقسيم مصادر فيتامين د إلى الآتي:

١ ـ مصادر غير غذائية

تعتبر الشمس المصدر الرئيسي لفيتامين د الذي يتكون داخل الجلد نتيجة تعرض مركب ٧ ـ ديهيدروكرليستيرول 7-dehydrocholesterol إلى الأشعة فوق البنفسجية. لهذا فإن عدم تعرض الشخص وخصوصًا الأطفال إلى أشعة الشمس أو حجب هذه الأشعة بتغطية الجسم أو بزجاج النوافذ أو بعوامل تلوث الهواء (الأتربة dust والدخان smoke والضباب fog) يؤدي إلى قلة أو عدم إستفادة الإنسان من هذا المصدر.

٢ ـ مصادر غذائية

تعتبر مصادر فيتامين د الغذائية محدودة في الطبيعة وأفضل مصدر له هو زيت كبد السمك fish liver oil . كما أن صفار البيض والكبدة والزبدة والسمك (السلمون sal-mon ، التونة tuna والسردين sardines) والحليب الكامل ومنتجاته تحتوي على كميات ضئيلة من فيتامين د . وتجدر الإشارة إلى أن بعض المواد الغذائية مثل الحليب (١٠ ميكروجرامات/ لتر حليب) والسمنة النباتية والمارجرين تدعم بفيتامين د ، حيث إن تدعيم الحليب بهذا الفيتامين يؤمن حصول الأطفال على احتياجاتهم اليومية منه، بالإضافة إلى أنه يساعد على امتصاص الكالسيوم والفوسفور الضروريين لنمو العظام والهيكل العظمي من الحليب.

(٧,٥,٧) نقص فيتامين د Deficiency of vitamine D

تتلخص أعراض نقص فيتامين د لدى الإنسان في التالي:

١ ـ الكساح Rickets

يعتبر الكساح من الأعراض الأساسية لنقص فيتامين د الذي يلعب دورًا مهمًا في عملية امتصاص الكالسيوم والفوسفور والمحافظة على مستواهما الملائم في الدم. بمعنى آخر يحدث الكساح نتيجة فشل التكلس calcification (ترسيب الكالسيوم والفوسفور) أثناء نمو العظام. ويصيب الكساح عادة الأطفال خصوصًا في حالة نقص الفيتامين

أثناء مرحلة الحمل والرضاعة وتتمثل أعراض المرض بحدوث تضخم في مفصل القدم والركبة ومعصم اليد limbs bowing وكِبَر حجم الرأس enlargement of head وبروز الجبهة وتحدبها rachitic bossing frontal وتقوس الأرجل legs bowing ورخاوة الجمجمة cranetabes وعـدم تعـظمهـا بشكل متكامل في الجهة الخلفية، أو تضخم الضلوع الغضروفية عند نهايتها بشكل منتظم يشبه السبحة، لهذا تسمى هذه الحالة بالسبحة الكساحية rachitic rosary . كما تتقوس الضلوع مما يصغر من حجم القفص الصدري ويعـرف ذلـك باسم صدر الحـمامـة pigeon breast ، ولا يمكن معالجة التقوسات والتشوهات في الأطفال إذا استمر نقص الفيتامين حتى عمر ٢ ـ ٣ سنوات. والشكل (٧,٦) يبين بعض أعراض مرض الكساح في الأطفال.

شكل (٧,٦) : الكساح rickets .

المصدر: Guthrie, H.A. (1986)

٢ ـ لين العظام Osteomalacia

يؤدي نقص فيتامين د إلى لين العظام في الأشخاص البالغين وخصوصًا المسنين والمرضعات والحوامل وذلك نتيجة لسحب الجنين أو الرضيع الكالسيوم والفوسفور من الهيكل العظمي للأم وكذلك نتيجة لنقص هذه الأملاح في الوجبة الغذائية وتكرار الحمل. وتتمثل أعراض مرض لين العظام في التواء الحوض في المرأة الحامل مما يعسر عملية الولادة وتقوس الأرجل وانحناء العامود الفقري وطراوة العظام softening bones . ويندر حدوث هذا المرض إلا في الحالات التي يصاب فيها الشخص بأمراض تعوق امتصاص فيتامين د مثل مرض السلياك nontropical sprue (celica disease) أو إعاقة إفراز (انسداد) قناة الصفراء bile ducts أو عدم كفاية إفرازات البنكرياس أو أمراض الكبد.

٣ ـ الأسنان Teeth

يسبب نقص فيتامين د تأخر ظهور الأسنان وتطورها ببطء وبشكل غير طبيعي poor and improper development وإصابتها بالتسوس نتيجة لنقص الكالسيوم.

٤ ـ العضلات Muscle

يؤدي انخفاض الكالسيوم في الدم بسبب نقص فيتامين د إلى تغيرات switches وتشنجات spasms عضلية.

(٧,٥,٨) احتياجات فيتامين د اليومية Daily requirements of vitamin D

سبق أن أشرنا إلى أن الشمس هي المصدر الرئيسي لفيتامين د الذي يحصل عليه جسم الإنسان، لذا فإنه من الصعوبة تحديد كمية الفيتامين التي يحتاجها الشخص في غذائه. إلا أن هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي (FNB, 1989) قد حددت المقررات الغذائية المقترحة RDA كالتالي:

الرضع (من الولادة ـ حتى السنة الأولى من العمر): ٧,٥ ـ ١٠ ميكروجرامات

الأطفال والمراهقون والمراهقات والبالغون والبالغات (١٩ ـ ٢٤ سنة):

٥ ميكروجرامات

الحوامل والمرضعات: ١٠ ميكروجرامات

البالغون والبالغات (٢٥ـ٥٠ سنة) والمسنون والمسنات: ٥ ميكروجرامات

كما توصي منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية (FAO/WHO) بالمقررات التالية:

الأطفال حتى عمر ٦ سنوات: ١٠ ميكروجرامات (٤٠٠ وحدة دولية)

الحوامل والمرضعات: ١٠ ميكروجةامات (٤٠٠ وحدة دولية)

الأطفال من عمر ٧ سنوات والمراهقون والبالغون: ٢,٥ ميكروجرام (١٠٠ وحدة دولية)

وبشكـل عام فإنه ينصح الشخص بالتعرض لأشعة الشمس لمدة لا تقل عن نصف ساعة في اليوم وعدم السكن في المناطق التي لا تشرق فيها الشمس لمدة طويلة وتجنب السكن في أزقة المدن التي لا تصل فيها الشمس إلى داخل المنزل وذلك لتفادي الإصابة بمرض الكساح. كما أنه من الضروري توعية الأمهات بإعطاء أطفالهم الرضع الـذين يتغذون من الثدي breast-fed infants جرعات من فيتامين د ابتداء من أول الشهر الثالث من العمر لتجنب إصابتهم بالكساح. ولقد وجد أن الشخص البالغ يحصل على كمية كافية من فيتامين د من تعرضه للشمس إلى جانب قدر ضئيل يحصل عليه من الغذاء.

يعبر عن كمية فيتامين د بالوحدات الدولية (IU) أو بالميكروجرام كالسيفيرول calciferol ويمكن توضيح العلاقة بينهما كالآتي:

١ ميكروجرام كوليكالسيفيرول cholecalciferol = ١ ميكروجرام إرجوكالسيفيرول.

١ ميكروجرام كوليكالسيفيرول cholecalciferol = ٤٠ وحدة دولية فيتامين د.

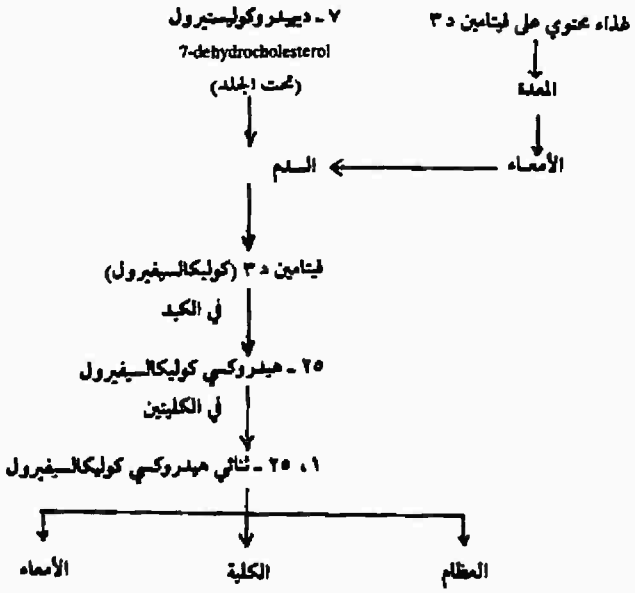
إن تناول الشخص البالغ كوبين من الحليب المدعم fortified milk بفيتامين د في اليوم يمده باحتياجاته اليومية من هذا الفيتامين حتى وإن لم يتعرض إلى أشعة الشمس.

(٧,٥,٩) امتصاص فيتامين د ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of Vit. D

عنـدمـا يتنـاول الشخص غذاءً غنيًا بفيتامين د (كوليكالسيفيرول، د ٣) عن طريق الفم فإنـه يمتص في الأمعـاء الـدقيقـة (الصائم jejunum واللفائفي ileum)

بمساعدة الدهون والصفراء bile ثم ينتقل فيتامين د ٣ المختص في الكيلوميكرومات chylomicrom إلى الدورة الدموية من خلال الليمف lymph منه إلى الكبد . كذلك فإن فيتامين د ٣ المصنع تحت الجلد من تعرض مركب ٧ ـ ديهيدروكوليستيرول 7-dehyd-rocholesterol إلى الأشعة فوق البنفسجية ينقل إلى الكبد من خلال الليمف كما يحدث بالنسبة لفيتامين د ٣ الموجود في الغذاء يتحول فيتامين د ٣ (كوليكاليسفيرول) في الكبد إلى ٢٥ ـ هيدروكسي كوليكالسيفيرول (calcidiol) 25-hidroxy cholecalciferol والذي يعرف بالشكل غير الفعال والسائد في الدورة الدموية . ثم ينقل المركب الأخير في الدم بواسطة حامل بروتيني إلى الكليتين kidneys حيث يتحول بمساعدة بعض الإنزيمات إلى ١ ، ٢٥ ـ ثنائي هيدروكس كوليكالسيفيرول (يعمل كهرمون) 1,25-hidroxyl cholecalciferol ، كما يتحكم هرمون الغدة فوق الدرقية (هرمون الباراثيرويد parathyroide hormone) في تكـوين هذا المركب، ويعتبر مركب ١ ، ٢٥ ـ ثنائي هيدروكس كوليكالسيفيرول الشكل الفعال لفيتامين د والذي ينقل عبر الدم إلى العظام والكليتين والأمعاء intestines .

ويوضح الشكل (٧ , ٧) أيض فيتامين د في جسم الإنسان .



شكل (٧ , ٧) . أيض فيتامين د في جسم الإنسان .

(٧,٥,١٠) الإفراط في تعاطي فيتامين د Hypervitaminosis D

يحدث الإفراط في تعاطي كميات كبيرة من فيتامين د تسممًا وأعراضًا مرضية أخرى في الأطفال والبالغين. ويصاب الشخص البالغ بالتسمم إذا تناول جرعة مقدارها ٢٥٠٠ ميكروجرام (١٠٠٠٠٠ وحدة دولية) في اليوم لعدة أسابيع، في حين يصاب الأطفال بالتسمم من جراء تناول جرعة مقدارها ٢٥٠ ميكروجرامًا (١٠٠٠٠ وحدة دولية) أو أكثر يوميًا لعدة أسابيع. وتتمثل أعراض التسمم الناتجة من الإفراط في تناول فيتامين د في الآتي:

١ ـ فقدان الشهية للأكل anorexia .

٢ ـ جفاف الجلد وتقشره skin drying and desquamatation.

٣ ـ الإحساس بالغثيان والقيء والدوخة وتأخر النمو في الأطفال.

٤ ـ ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم hypercalcemia مما يؤدي إلى زيادة معدل امتصاص الكالسيوم في الأمعاء وكذلك إلى زيادة الكميات المسحوبة منه من العظام. ويؤدي ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم إلى الآتي:

ا) تكون حصوات الكلية kidney stones نتيجة ترشيح كميات كبيرة من الكالسيوم من خلالها، كما يؤدي ذلك إلى تهتك في أنسجة الكلية.

ب) تصلب (تكلس) الأنسجة الطرية في أماكن كثيرة في الجسم غير العظام نتيجة لترسب الكالسيوم وتراكمه عليها مثل الرئتين والقلب والأوعية الدموية والكليتين.

٥ ـ هشاشة العظام bone fragility .

(٧,٦) فيتامين هـ أو ألفا ـ توكوفيرول Vitamin E or Alpha-Tocopherol

(٧,٦,١) لمحة تاريخية

عرف فيتامين هـ عام ١٩٢٠م من قبل العالمين إيفانز Evans وبيشوب Bishop ، عندما اكتشفا أن الفئران التي تغذت على طعام نقي (كازين ونشا الذرة وشحم الخنزير والخميرة والزبدة) قد أصيبت إناثها بالإجهاض وأصيب ذكورها بالعقم، لهذا يدعى هذا الفيتامين بالمضاد للعقم antisterility . وفي عام ١٩٢٣م استطاع إيفانز وآخرون

من فصل هذا الفيتامين من زيت جنين القمح والشوفان oat وزبد الحليب butterfat ، وأطلق عليه اسم فيتامين هـ (E) أو إكس (X). ثم أطلق اسم توكوفيرول tocopherol على فيتامين هـ عام ١٩٣٦م من قبل إيفانز وآخرين، ولكلمة توكوفيرول شقان هما: tokos ومعناها باليونانية مولد الطفل و phero ومعناها يحمل. وقد تمكن فرنهولتز Fernholz من التعرف على التركيب الكيميائي لفيتامين هـ عام ١٩٣٨م، وتلاه كارر Karrer الذي تمكن في العام نفسه من تصنيعه synthesis معمليًا. وفي عام ١٩٥٦م اكتشف جرين Green ثمانية أنواع من التوكوفيرولات tocopherols واعترف به كفيتامين للإنسان في عام ١٩٥٩م.

(٧,٦,٢) المسميات Nomenclature

يعد فيتامين هـ من الفيتامينات المهمة لعملية التكاثر والنضج الجنسي ومنع العقم، لذلك فإنه يعرف بالأسماء التالية:

العامل المانع للعقم antisterility factor .

فيتامين الإخصاب fertility vitamin .

فيتامين التكاثر reproduction vitamin .

ألفا وبيتا وجاما ودلتا ـ توكوفيرول α, β, γ and δ - Tocopherols ..

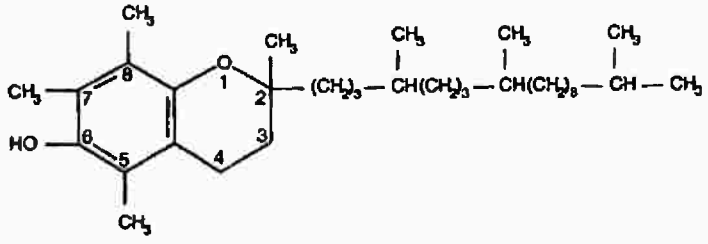
ألفا وبيتا وجاما ودلتا ـ توكوترينول α, β, γ and δ - Tocotrienols .

(٧,٦,٣) التركيب البنائي لفيتامين هـ Structure of vitamin E

توجد ثماني صور لفيتامين هـ في الطبيعة، وتختلف عن بعضها البعض في وضع مجموعة المثيل (CH_3) على الجزيء. كما تختلف فعالية هذه المركبات كفيتامينات، حيث يعتبر الألفا ـ توكوفيرول أكثرها فعالية (١٠٠٪) يليه البيتا ـ توكوفيرول (٥٠٪ من فعالية ألفا ـ توكوفيرول)، وأخيراً جاما ودلتا ـ توكوفيرول (١٠ و ٢٠٪ من فعالية ألفا ـ توكوفيرول على التوالي).

وتتركب التوكوفيرولات tocopherols من حلقة كرومان chroman ring بها مجموعة هيدروكسيد في الموقع ٦ مرتبطة بسلسلة جانبية أليفاتية مشبعة عبارة عن فينول.

وتختلف التوكوفيرولات عن بعضها البعض في وجود مجموعة المثيل على ذرة الكربون رقم ٥ و٧ و٨ . ويسمى الفيتامين ألفا ـ توكوفيرول عندما توجد ثلاث مجموعات من المثيل في المواقع ٥ و٧ و٨ ، في حين يدعى بيتا ـ توكوفيرول إذا وجدت مجموعتان من المثيل في الموقعين ٥ و٨ ، أما الدلتا فتحتوي على مجموعة مثيل واحدة على الموقع ٨ . تشبه التوكوترينولات tocotrienols في تركيبها الكيميائي التوكوفيرولات، فيما عدا أنها تحتـوي على سلسلة جانبية أليفـاتية غير مشبعـة بها ثلاث روابط مزدوجـة. والشكل (٧,٨) يوضح التركيب البنائي لفيتامين هـ .



شكل (٧,٨) ـ التركيب البنائي لفيتامين هـ (ألفا ـ توكوفيرول).

(٧,٦,٤) خواص فيتامين هـ Properties of vitamin E

١ ـ فيتامين هـ (ألفا ـ توكوفيرول) عبارة عن مركب عضوي زيتي أصفر اللون، وغير قابل للذوبان في الماء، ولكنه يذوب في الدهون والمذيبات العضوية.

٢ ـ يستخدم في كثير من الأغذية المصنعة كعامل مضاد للأكسدة antioxidant .

٣ ـ يقاوم الأحماض acids ، إلا أنه يتلف بالضوء (الأشعة فوق البنفسجية) وبالأكسدة وبالقلويات.

٤ ـ تفقد منه كمية كبيرة أثناء عملية تسخين الزيت.

(٧,٦,٥) وظائف فيتامين هـ Functions of vitamin E

١ ـ مضاد للأكسدة Antioxidant

يلعب فيتامين هـ دورًا مهمًا في منع أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة

في الزيوت والأغذية الدهنية، مما يؤجل حدوث التزنخ في الأغذية سريعة التأكسد، بالإضافة إلى أنه يحمي فيتامين جـ (C) وفيتامين ا (A) والكاروتين من الأكسدة سواء داخل الجسم أو خارجه. كما أنه يمنع تأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة polyunsaturated fatty acid والفوسفوليبيدات phospholipids المكونين للأغشية الخلوية cell membranes في الجسم، ويحافظ ذلك على سلامة الأنسجة وصحتها. ويفسر دور فيتامين هـ كمانع للأكسدة من قدرته على التأكسد السريع (التفاعل مع الأكسجين)، مما يقلل من كمية الأكسجين المتوافرة لأكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الأغذية والأغشية الخلوية في الجسم. كذلك يحمي هذا الفيتامين كرات الدم الحمراء من التحلل hemolysis ويمنع تليف الكبد الناتج من وجود العوامل المؤكسدة.

٢ ـ تنظيم السلسلة التنفسية Control of respiratory chain (مسار الفسفرة التأكسدية)

يعمل فيتامين هـ كمحفز على سريان (انتقال) الإلكترونات في السلسلة التنفسية داخل الميتوكندريا، مما يؤدي إلى تكوين الطاقة والماء الأيضي من الأحماض الدهنية والجلوكوز.

٣ ـ تكوين بعض مركبات الجسم الأساسية Synthesis of vital body compounds

يلعب فيتامين هـ دورًا بارزًا في تكوين بعض مركبات الجسم الأساسية مثل فيتامين جـ (في بعض الحيوانات مثل الكلاب) وقرين الإنزيم كيو coenzyme Q الضروري لعملية انطلاق الطاقة من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون من خلال دورة كربس. يلعب فيتامين هـ دورًا مهمًا في تكوين الأحماض النووية، حيث يساعد على اندماجها بالبيريميدينات pyrimidines .

٤ ـ تنظيم الأنظمة الإنزيمية Maintenance of enzymatic systems

يعمل هذا الفيتامين على تنظيم تصنيع الإنزيمات المسؤولة عن تكوين الهيم

heme (المحتوي على الحديد) والذي يدخل في تركيب معظم البروتينات الموجودة في جسم الإنسان والحيوان مثل الهيموجلوبين والميوجلوبين.

٥ ـ وظائف أخرى Other functions

يؤدي فيتامين هـ وظائف أخرى مثل المحافظة على عملية التكاثر ومنع العقم في حيوانات التجارب، بالإضافة إلى أنه يقوي الغشاء المحيط بخلايا الدم الحمراء مما يمنع تكسرها، ويزيد من امتصاص فيتامين ا وتخزينه داخل الجسم.

(٧,٦,٦) مصادر فيتامين هـ الغذائية Dietary sources of vitamin E

يوجد هذا الفيتامين في العديد من الأغذية النباتية والحيوانية، أي أنه من أكثر الفيتامينات توافرًا في الأغذية. وتعد الزيوت النباتية من المصادر الغنية به مثل زيت جنين القمح (من أغنى المصادر) وزيت الذرة وزيت الزيتون وزيت فول الصويا وزيت الفستق وزيت بذرة القطن وزيت النخيل والمارجرين (السمن الصناعي). وتزداد نسبة هذا الفيتامين في الزيوت بزيادة نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة خصوصًا حمض اللينوليك linoleic acid . كما أنه يوجد بنسب منخفضة في الخضروات الورقية والحبوب الكاملة whole grains والمكسرات nuts والبقوليات legumes والكبدة والكلاوي والبيض والحليب وغيرها من المنتجات الحيوانية.

يندر إصابة الإنسان بأعراض نقص فيتامين هـ نظرًا لوجوده في مجموعة واسعة من الأغذية المتنوعة كما ذكر آنفًا. ويعتبر حليب الأم مصدرًا غنيًا بفيتامين هـ ، حيث يمد الطفل بكمية تكفي لسد احتياجاته، في حين يحتوي حليب البقر على نسبة منخفضة منه.

(٧,٦,٧) نقص فيتامين هـ Deficiency of vitamin E

أولاً : أعراض نقص تناول فيتامين هـ في الإنسان

١ ـ حدوث تحلل لكرات الدم الحمراء erythrocytes hemolysis ، وهو يعد من الأعراض الرئيسية لنقص فيتامين هـ ، إذ يؤدي قلة تناول الفرد لفيتامين هـ إلى

انخفاض مستواه في الدم إلى أقل من ١٠٠ ملليجرام لكل ١٠٠ ملليليتر، ويؤدي ذلك إلى تحلل كريات الدم الحمراء نتيجة لأكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة في أغشيتها (أغشية كرات الدم الحمراء). وقد أمكن معالجة تحلل كرات الدم الحمراء بتناول جرعات مناسبة من فيتامين هـ .

٢ ـ يصاب الأطفال الرضع premature infants الذين يعانون من نقص فيتامين هـ (نتيجة عدم القدرة على امتصاصه) بالأنيميا hemolytic anemia وتجمع السوائل تحت الجلد edema وأضرار جلدية skin lesions ، خصوصًا عندما يتغذى الرضيع على الأغذية البديلة عن الحليب formula ، والغنية بالأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة (PUFA) .

٣ ـ يؤدي كذلك انخفاض فيتامين هـ في غذاء الإنسان إلى زيادة إفراز الكرياتين creatine مع البول creatinuria وإلى تليف المرارة cirrhosis of gall blader وإلى التغوط الدهني steatorrhea (وفرة المواد الدهنية في الغائط) .

وبشكل عام يندر ظهور أعراض نقص فيتامين هـ على الإنسان نظرًا لوجود الفيتامين في مجموعة كبيرة من الأغذية، لكن تظهر أعراض النقص على الإنسان في حالة انخفاض امتصاص الدهون نتيجة الإصابة بمرض مثل السلياك أو نتيجة تناول وجبات غنية في الدهون غير المشبعة مثل الزيوت ولمدة طويلة .

ثانيًا : أعراض نقص فيتامين هـ في الحيوانات

تظهر أعراض متعددة لنقص فيتامين هـ في الحيوانات مثل العقم وضمور الخصيتين عند الذكور وكذلك فشل الإنجاب أو الإجهاض وموت الجنين في رحم الأنثى . كما قد يؤدي نقصه في غذاء الحيوان إلى قصور العضلات اللاإرادية وضعفها muscular dystrophy ، وكذلك إلى ضعف عضلة القلب، ويرجع هذا إلى زيادة أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة . كما ظهرت أعراض متعددة أخرى نتيجة لنقص فيتامين هـ في الحيوانات مثل التهاب النسيج الدهني steatitis وتلين المخ encephalomalacia وزوال صبغة الأسنان الطبيعية depigmentation وانحلال الدم hemolysis وتليف خلايا الكبد وتصلبها liver nicrosis . وقد أمكن معالجة معظم هذه

الحالات بإعطاء فيتامين هـ والسلينيوم، وكذلك بتقليل تناول الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة.

(٧,٦,٨) احتياجات فيتامين هـ اليومية Daily requirements of vitamin E

حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي NFB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية المقترحة RDA يوميًا من فيتامين هـ (ألفا ـ توكوفيرول) كالتالي:

المراهقون والبالغون والمسنون (ذكور): ١٠ ملليجرامات ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول (α-TE)

المراهقون والبالغون والمسنات (إناث) ٨ ملليجرامات ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول.

الرضيع (من الولادة ـ ١ سنة) : ٣ ـ ٤ ملليجرامات ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول.

الأطفال (١ ـ ١٠ سنوات) : ٦ ـ ٧ ملليجرامات ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول.

الحوامل : ١٠ ملليجرامات ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول.

المرضعات ـ الـ ٦ شهور الأولى : ١٢ ملليجراما ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول.

المرضعات ـ الـ ٦ شهور الثانية : ١١ ملليجراما ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول.

ولقد أشارت الدراسات إلى أن احتياج الشخص لفيتامين هـ يقل بانخفاض نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة في الوجبة الغذائية والعكس. كما أن تغذية الشخص على أغذية قليلة في محتواها من التوكوفيرول يؤدي إلى تحلل كرات الدم الحمراء وقصر عمرها. يمنع تناول الأطفال ٢ ـ ١٠ ملليجرامات يوميًا انحلال كرات الدم الحمراء.

يعبر عن كمية فيتامين هـ بالوحدات الدولية (IU) أو ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول to-copherol equivalents ، ويمكن توضيح العلاقة بينهما كالآتي:

١ ألفا ـ مكافىء التوكوفيرول = ١ ملليجرام د ـ ألفا ـ توكوفيرول

١ وحدة دولية فيتامين هـ = ٠,٦٧ ملليجرام د ـ ألفا ـ توكوفيرول

١ وحدة دولية فيتامين هـ = ١ ملليجرام أسيتات ـ ألفا ـ توكوفيرول

di-α-Tocopherl acetate

(٧,٦,٩) امتصاص فيتامين هـ ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of vitaminE

لم تتضح عملية أيض فيتامين هـ بشكل كامل حتى الآن، ومازال يكتنفها الكثير من الغموض، إلا أن امتصاصه من خلال جدار الأمعاء الدقيقة يحتاج إلى وجود أملاح الصفراء bile salt والدهن fat اللذين يسهلان عملية الامتصاص. ويمتص حوالي ٧٠ ـ ٨٥٪ من فيتامين هـ (ألفا ـ توكوفيرول) الموجود في الوجبة الغذائية في الظروف الملائمة (وجود أملاح الصفراء والعصارة البنكرياسية والدهن). وتنخفض نسبة الامتصاص بزيادة الفيتامين في الوجبة الغذائية. وينقل التوكوفيرول الممتص في صورة كيلوميكرونات chylomicrons عبر الأوعية الليمفاوية lymph إلى الدورة الدموية ويرتبط بالليبوبروتين lipoprotein (البروتين الناقل). ولا يوجد بروتين ناقل محدد للتوكوفيرول في الدم كما في حالة فيتامين ا (الريتنول retinol).

يخزن فيتامين هـ بتركيزات مرتفعة في الكبد liver والعضلات muscle والقلب والأنسجة الدهنية adipose tissue بعكس الفيتامينات الأخرى الذائبة في الدهن والتي يتركز تخزينها في الكبد فقط. ويتراوح مستوى فيتامين هـ في البلازما في الحالة الطبيعية بين ١ ـ ٢,١ ملليجرام لكل ديسلليتر (١٠٠ مليليتر).

(٧,٦,١٠) الافراط في تناول فيتامين هـ Excessive consumption of Vitamin E

يندر إصابة الإنسان بنقص فيتامين هـ نظرًا لوجوده في كثير من الأغذية المتنوعة، وذلك على العكس من الفيتامينات الأخرى الذائبة في الدهن، ولقد تبين أن الشخص البالغ يستطيع تحمل جرعات كبيرة من فيتامين هـ تصل إلى ١٠٠ ـ ١٠٠٠ وحدة دولية في اليوم دون حدوث تسمم أو ظهور أي أعراض أخرى، ومع ذلك فإن تناول الشخص جرعات كبيرة ولمدة طويلة من فيتامين هـ يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم hypertesion وبطء تجلط الدم blood clotting، وبشكل عام فإنه لا تعرف حالات تسمم بهذا الفيتامين في الإنسان لهذا لا يخشى من تناول جرعات كبيرة منه.

(٧,٧) فيتامين ك Vitamin K

(٧,٧,١) لمحة تاريخية

تم اكتشاف فيتامين ك في عام ١٩٢٩م من قبل العالم الدنماركي دام Dam عندما لاحظ حدوث نزيف شديد تحت الجلد في الكتاكيت حديثي الفقس chicks عند تغذيتها على غذاء متوازن يتكون من البروتين والأملاح المعدنية وجميع الفيتامينات المعروفة في ذلك الوقت، إلا أنه لم ينجح في معالجتها بإعطائها فيتامين جـ. لكن أمكن معالجة النزيف بإعطائها أغذية طبيعية مثل الحبوب والحليب والسمك. وفي عام ١٩٣٥م تمكن دام من استخلاص المادة الفعالة التي توقف النزيف بواسطة الأثير وأطلق عليها اسم فيتامين ك (من الكلمة الألمانية koagulation) الذي عرف فيما بعد بالعامل المضاد للنزيف an-tihemorragic factor . ثم استطاع العالمان دام وكويك عام ١٩٣٦م من توضيح العلاقة بين فيتامين ك وإنزيم البروثرومبين prothrombin المسبب لتجلط الدم، ويؤدي نقص هذا الفيتامين إلى انخفاض البروثرومبين في الدم والتعرض إلى النزيف، في حين يؤدي وجوده في الوجبة الغذائية إلى علاج هذه الحالة ويعمل على تجلط الدم. وقد تمكن العلماء MacCorquodale و Cheney و Fieser من التعرف على التركيب البنائي لفيتامين ك١ (K_1) عام ١٩٣٩م، وتلاهم كارر Karrer ودام Dam في العام نفسه اللذان استطاعا فصل هذا الفيتامين في صورة نقية. وبعد ذلك بعدة شهور (١٩٣٩م) تمكن العالمان Almquist و Klose من تصنيع فيتامين ك ١ (K1) معمليًا.

(٧,٧,٢) المسميات Nomenclature

يعتبر فيتامين ك من الفيتامينات المهمة في إيقاف النزيف وينتمي إلى الكوينونات quinones ومنها:

١ ـ فيتامين ك ١ (K1)

ويسمى أيضًا الفيللوكوينون phylloquinone ، ويوجد في البلاستيدات الملونة في الأوراق الخضراء، وقد تم عزله أول مرة من نبات الغضة alfalfa

٢ ـ فيتامين ك ٢ (K2)

ويسمى أيضًا الميناكوينون menaquinone ، ولقد تم عزله أول مرة من وجبة السمك المتقاة putrefied fishmeal ويتم تصنيعه في الإنسان في الأمعاء الغليظة بواسطة

البكتريا intestinal bacteria والتي تعتبر المصدر الأساسي للفيتامين في الشخص السليم. وتقدر فعالية فيتامين ك ٢ الحيوية بحوالي ٧٥٪ من فعالية فيتامين ك ١ .

٣ ـ فيتامين ك ٣ Menadione(K3)

هو عبارة عن فيتامين صناعي synthetic vitamin يتم تحضيره معمليًا وهو يذوب في الماء ويطلق عليه أيضًا هايكينون hykinone أو سنكافيت synkavit . وتقدر فعاليته الحيوية كفيتامين بحوالي ضعفين إلى ثلاثة أضعاف فعالية الفيتامينات الطبيعية (ك ١ أو ك ٢)، ويستعمل عادة كعلاج على مستوى تجاري واسع.

(٧,٧,٣) التركيب البنائي لفيتامين ك Structure of vitamin K

يوجد فيتامين ك في ثلاث صور، اثنتان منها تمثلان الشكل الطبيعي (ك ١ و ك ٢) وتمثل الثالثة الشكل الصناعي (ك ٣). ويتكون فيتامين ك ١ من حلقة النافثوكوينون naphthoquinone ring وعليها مجموعة مثيل (CH_3) على ذرة الكربون رقم ٢، وسلسلة جانبية على ذرة الكربون رقم ٣؛ إلا أن السلسلة الجانبية في فيتامين ك ٢ تكون أطول (٣٠ ذرة كربون) وتحتوي على روابط مزدوجة أكثر مقارنة بفيتامين ك ١ .

ويوضح الشكل (٧,٩) التركيب البنائي لفيتامينات ك .

(٧,٧,٤) خواص فيتامين ك Properties of vitamin K

١ ـ عبارة عن مركب زيتي أو متبلور أصفر اللون.

٢ ـ قابل للذوبان في الدهن والمذيبات العضوية (فيتامين ك ٣ يذوب في الماء).

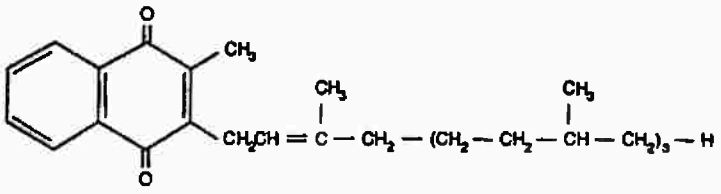
٣ ـ يتحمل الحرارة heat والأكسدة oxidation .

٤ ـ يتلف بالأحماض القوية وبالقواعد وبالضوء.

(٧,٧,٥) وظائف فيتامين ك Functions of vitamin K

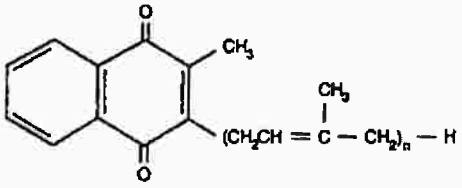
يمكن حصر وظائف فيتامين ك في جسم الإنسان كالآتي:

١ ـ تجلط الدم blood clotting : يعتبر فيتامين ك المادة الأساسية الضرورية



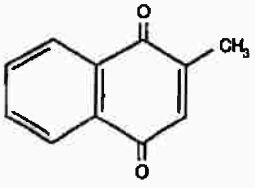
Phylloquinone (vitamin K_1, phytonadione)

فيتامين $ك_1$ (فيللوكوينون)



Menaquinone-n (vitamin K_2)

فيتامين $ك_2$ (ميناكوينون)



Menadione (vitamin K_3)

فيتامين $ك_3$ (ميناديون)

شكل (٧,٩) . التركيب البنائي لفيتامينات ك .

لتجلط الدم عند حدوث نزيف hemorrhaging أو قطع في الجسم .

وتتلخص مراحل عملية تجلط الدم بواسطة فيتامين ك في التالي :

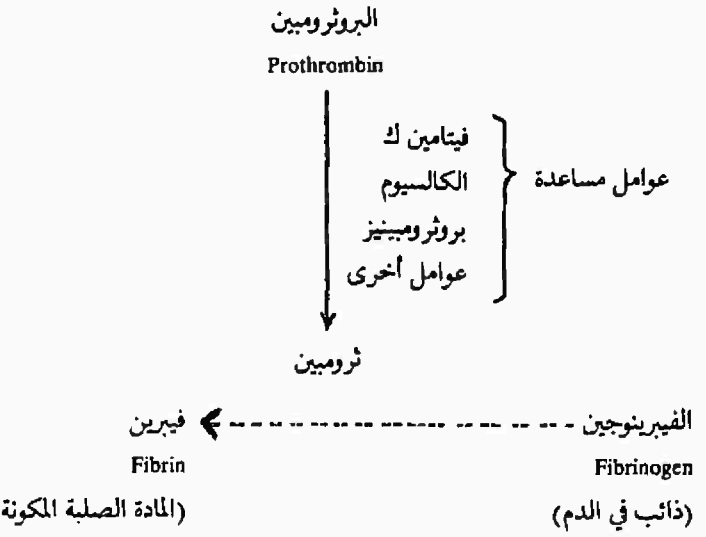
ا) يحفز فيتامين ك الممتص من الأمعاء على تكوين مادة البروثرومبين prothrombine في الكبد بمساعدة أيونات الكالسيوم وعوامل أخرى والتي تتحول إلى مادة الثرومبين thrombin التي تنطلق إلى مكان القطع أو الجرح .

ب) تعمل مادة الثرومبين المتكونة على تحويل مادة الفيبرينوجين fibrinogen الذائبة في الدم إلى مادة الفيبرين fibrin الصلبة والمكونة للجلطة الدموية وذلك بمساعدة

أيونات الكالسيوم وإنزيم البروثرومبينيز prothrombinase .

ومما تجدر الإشارة إليه، أن أكثر من ثلاثة عشر بروتينًا وكذلك معدن الكالسيوم تسهم في تكوين جلطة الدم blood clot وإن نقصًا واحدًا أو أكثر منها يؤدي إلى عدم نجاح عملية التجلط. إن إصابة الشخص بمرض سيولة الدم الوراثي (كمرض وراثي يؤدي إلى النزف الدموي) hemophilia يجعل الدم غير قابل للتجلط على الرغم من وجود فيتامين ك ويرجع ذلك لوجود نقص في بعض عوامل التجلط clotting factors . ويعتبر هذا المرض السبب الثاني الذي يمنع تجلط الدم بعد نقص فيتامين ك.

والشكل التالي يوضح خطوات تكوين جلطة الدم (ميكانيكية تجلط الدم Blood clotting mechanism).



والدور الذي يقوم به فيتامين ك في عملية التجلط هو أنه يعمل كعامل مساعد cofactor للإنزيمات التي في الكبد لكي تتمكن من تحويل البروثرومبين (مولد البروتين) إلى ثرومبين عن طريق تحويل حمض الجلوتاميك glutamic acid إلى جاما ـ كاربوكسي جلوتاميك gama-carboxyglutamic acid (إضافة مجموعة كاربوكسيل). ويسمى المرض الناتج من نقص فيتامين ك في الدم بالمرض النزفي hemorrhagic disease . ويعد ارتفاع

مستوى البروثرومبين prothrombin في الدم مؤشرًا على قدرة الشخص العالية على حدوث تجلط الدم، والعكس.

٢ ـ كما يلعب فيتامين ك دورًا بارزًا في النمو growth وفي ميكانيكيات التصنيع الضوئي photosynthetic mechanisms وفي ميكانيكيات نقل الإلكترونات electron transport mechanisms.

(٧,٧,٦) مصادر فيتامين ك Dietary sources of vitamin K

يوجد هذا الفيتامين بتركيزات متفاوتة في مجموعة واسعة من الأغذية النباتية والحيوانية. ومن أهم مصادر فيتامين ك الخضروات الورقية الخضراء مثل السبانخ والقرنبيط والكرنب والخس. كما يوجد بكميات متوسطة في قشور القمح والطماطم والبقوليات والجبن وصفار البيض والكبدة واللحوم الحمراء وزيت فول الصويا وبعض الزيوت النباتية الأخرى. كذلك تعد بكتريا الأمعاء مصدرًا رئيسيًا لفيتامين ك في الإنسان، حيث تمده ببعض احتياجاته اليومية. وبشكل عام يمكن القول إنه يندر حدوث الإصابة بنقص هذا الفيتامين نظرًا لأنه منتشر في معظم الأغذية المختلفة، بالإضافة إلى أنه يصنع في أمعاء الإنسان بواسطة البكتريا. يحتوي حليب البقر على نسبة أعلى من فيتامين ك من حليب الأم.

(٧,٧,٧) نقص فيتامين ك Deficiency of vitamin K

يتضح مما ذكر أعلاه أن فيتامين ك يلعب دورًا مهمًا في عملية تجلط الدم ومنع حدوث النزيف hemorrhage ، لذا يمكن حصر أعراض نقص هذا الفيتامين لدى الإنسان في التالي:

١ ـ البطء في تجلط الدم Decreased clotting time : يبطأ تجلط الدم عندما يكون مستوى البروثرومبين prothrombin في الدم منخفضًا نتيجة نقص فيتامين ك في الوجبة الغذائية أو نتيجة ضعف أو فشل في امتصاصه من خلال جدار الأمعاء.

٢ ـ حدوث نزيف في الأطفال حديثي الولادة Neonatal hemorrhage : يصاب الطفل حديث الولادة بنزيف شديد في حالة انخفاض مستوى البروثرومبين prothrom-

bin في الدم نتيجة نقص فيتامين ك في الجسم. وتحدث هذه الحالة في الأطفال حديثي الولادة نظرًا لأن أمعاءهم تكون معقمة وخالية من البكتريا الضرورية لتكوين فيتامين ك خلال الأيام الأولى بعد الولادة، كما أن كمية المخزون منه في كبد الطفل تكون قليلة جدًا خصوصًا عندما تتغذى الأم على أطعمة فقيرة في هذا الفيتامين. لذا تنصح الأم الحامل بأخذ جرعات من فيتامين ك قبل الولادة أو يعطى الطفل بعد الولادة مباشرة جرعة من فيتامين ك ١ بالفم تساعده على رفع نسبة البروثرومبين prothrombin في الكبد لحين نمو البكتريا المصنعة للفيتامين في أمعائه.

٣ ـ انخفاض مستوى البروثرومبين في الدم hypoprothrombinemia : ويمكن حصر أسباب ضعف امتصاص فيتامين ك من الأمعاء لدى الإنسان في الآتي:

١ ـ وجود نقص في إفرازات أملاح الصفراء bile salts أو الدهن اللذين يساعدان على امتصاص فيتامين ك.

٢ ـ تناول كميات كبيرة من المضادات الحيوية antibiotics مثل التتراسيكلين tetracycline والسلفون أميد sulfonamides. وكذلك التناول العرضي لمبيد الفئران والقوارض المسمى وارفرين warfarin الذي يتعارض وجوده مع تكوين الفيتامين في الأمعاء لأنه يقتل البكتريا التي تصنع الفيتامين.

٣ ـ الإصابة ببعض الأمراض مثل القولنج (التهاب القولون) colitis (التهاب غشاء القولون المخاطي) وإسهال البلاد الحارة spure و cystic fibrosis والدوستناريا والسيلياك celiac وجميعها يصاحبها إسهال شديد يتعارض مع امتصاص الفيتامين.

٤ ـ تناول جرعات كبيرة من فيتامين ا (A) أو فيتامين هـ (E) ، حيث إنهما يتعارضان مع امتصاص وأيض فيتامين ك.

٥ ـ استعمال الأدوية المانعة للتجلط anticoagulant مثل ثنائي كيومارول di-cumarol وهيدروكيومارول hydrocumarol (توجد في البرسيم الحلو sweet clover) والتي تعطى في حالة الإصابة بالذبحة الصدرية coronary thrombosis ، حيث تعمل هذه الأدوية على خفض مستوى البروثرومبين في الدم. كما يقلل استعمال بعض المليينات مثل الزيت المعدني من امتصاص الفيتامين.

(٧,٧,٨) احتياجات فيتامين ك اليومية Daily requirements of vitamin K

من غير المتوقع حدوث نقص في فيتامين ك لدى الشخص السليم نظرًا لتوافر هذا الفيتامين في معظم الأغذية المتنوعة، بالإضافة إلى تصنيعه في الأمعاء بواسطة البكتريا، لهذا لم تصدر المقررات الغذائية المقترحة (RDA) لهذا الفيتامين إلا في وقت متأخر (١٩٨٩م). ولقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية المقترحة لفيتامين ك كالتالي:

الرضع (من الولادة ـ ٥ شهور)	:	٥ ميكروجرامات فيتامين ك
الرضع (من ٥ شهور ـ ١ سنة)	:	١٠ ميكروجرامات فيتامين ك
الأطفال (من ١ ـ ٦ سنوات)	:	١٥ ـ ٢٠ ميكروجرامًا فيتامين ك
الأطفال (من ٧ ـ ١٠ سنوات)	:	٣٠ ميكروجرامًا فيتامين ك
المراهقون	:	٤٥ ـ ٦٠ ميكروجرامًا فيتامين ك
المراهقات	:	٤٥ ـ ٥٥ ميكروجرامًا فيتامين ك
البالغون والمسنون	:	٨٠ ميكروجرامًا فيتامين ك
البالغات والمسنات والحوامل والمرضعات	:	٦٥ ميكروجرامًا فيتامين ك

يقترح البعض إعطاء الأطفال الرضع غير مكتملي النمو عند الولادة premature infants جرعة مقدارها ١ ملليجرام من فيتامين ك بعد الولادة مباشرة لمنع حدوث النزيف hemorrhage وذلك نظرًا لعدم وجود البكتريا المصنعة للفيتامين في أمعائهم خلال هذه الفترة، بالإضافة إلى أن كمية الفيتامين المخزنة في أجسامهم تكون قليلة جدًّا. كما يوصى بإعطاء المرأة الحامل جرعة مقدارها ٥ ملليجرامات على شكل حقنة عضلية أو ١٠ ـ ٢٠ ملليجرامًا عن طريق الفم وذلك لضمان تزويد الجنين بكميات كبيرة من الفيتامين قبل ولادته.

(٧,٧,٩) امتصاص فيتامين ك ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of vitamin K

يمتص فيتامين ك من الجزء العلوي من الأمعاء بمساعدة أملاح الصفراء والدهن كما هو الحال في بقية الفيتامينات الذائبة في الدهن. ثم ينقل فيتامين ك الممتص في صورة

كيلوميكرونات chylomicrons عبر الأوعية الليمفاوية lymphatic system إلى الدورة الدموية ويرتبط بالبيتاليبوبروتين β-lipoprotein الذي ينقله إلى الكبد حيث يخزن معظم الفيتامين فيه. ويستهلك الجسم فيتامين ك المخزن في الكبد في مدة قصيرة خصوصًا في حالة نقصه في الوجبة الغذائية، وذلك لأن الكمية المخزنة منه في الكبد قليلة مقارنة بالكميات المخزنة من الفيتامينات الأخرى الذائبة في الدهن.

(٧,٧,١٠) الإفراط في تعاطي فيتامين ك Hypervitaminosis K

يتبين من الدراسات أن الشخص البالغ يستطيع تحمل جرعات كبيرة من فيتامينات ك الطبيعية (ك ١ و ك ٢) دون حدوث ضرر أو تسمم. إلا أن تناول جرعات كبيرة من فيتامين ك الصناعي (ك ٣) يؤدي إلى الإصابة بفقر الدم وارتفاع البيليروبين في الدم. كما أن إعطاء الرضع infants كميات كبيرة من فيتامين ك ولمدة طويلة ربما يؤدي إلى الإصابة بالأنيميا hemolytic anemia واليرقان jaundice الذي يتميز بتلون الجلد وبياض العين باللون الأصفر.