الباب الأول

أساسيات التغذية

مقدمة

الغذاء ضروري لاستمرار الحياة، وتسمّى المواد الموجودة فيه والتي لها دور أساسي في الحفاظ على حياة الإنسان المغذّيات أو العناصر الغذائية nutrients. وتمدّ هذه المغذيات، التي تشمل البروتينات والدهون والكربوهيدرات والفيتامينات والعناصر المعدنية والماء، الإنسان بالطاقة والمواد البنائية الضرورية لنموه وبقائه. وتعتمد الكيفية التي تصبح بها هذه المغذيات أجزاء أساسية في الجسم تساهم في وظيفته، على عمليات فيزيولوجية وكيميائية وحيوية تنظم عملها.

وتساهم البروتينات، والدهون، والكربوهيدرات بنسب مختلفة في إنتاج الطاقة الكلية. أما الفيتامينات والعناصر المعدنية فهى ضرورية لاستخدام وحفظ الطاقة لأغراض بناء وصيانة الجسم، حيث تعمل كتمائم انزيمية، أو كعوامل مساعدة، أو عوامل منظّمة في عمليات الاستقلاب الغذائي. وتتم الاستفادة من المغذيات في أنسجة الجسم وأجهزته، حيث يبدأ هضم وامتصاص الطعام في الجهاز الهضمي تمهيداً لنقله بعد ذلك إلى خلايا الجسم المختلفة للقيام بعملية الاستقلاب الغذائي. في هذا الباب سيتم عرض بعض المعلومات الأساسية عن المغذّيات ووظائفها المختلفة في الجسم وأهم مصادرها الغذائية.

تركيب الجسم

يحتوي جسم الإنسان على مجموعات العناصر الغذائية التي أشرنا إليها وهي الماء والبروتينات والدهون والكربوهيدرات والعناصر المعدنية. ويوضح الجدول رقم (1) النسب المئوية لهذه العناصر لإنسان بالغ يزن 65 كيلوغراما [1]. وهذه النسب تختلف كثيراً أو قليلاً باختلاف السن، والجنس والحالة الفيزيولوجية، وتركيب الجسم body composition، والحالة المرضية.

جدول رقم 1ـ التركيب الكيميائي لإنسان بالغ يزن 65 كيلوغراماً

العناصر الغذائية		كيلوغرام	النسبة المئوية (%)
الماء	Water	40	61.60
البروتين	Protein	11	17.00
الدهون	Fats	9	13.800
الكربوهيدرات	Carbohydrates	1	1.5
الأملاح المعدنية	Minerals	4	6.1

ويعتبر أغلب هذه العناصر جزءاً من التركيب الأساسي للجسم، رغم أن قسماً منها يمثل المخزون. فمثلاً من أصل 9 كيلوغرامات دهون، هناك كيلوغرام واحد أساسي للجسم والباقي يُخزَّن في النسيج الدهني adipose tissue على صورة ثلاثي الغليسريدات triglycerides. ويستطيع الجسم أن يستفيد من هذا المخزون في أوقات الحاجة. وفي حالات البدانة يكون المخزون أكبر بكثير ويمكن أن يصل إلى 70% من وزن الجسم.

الماء water مكوّن أساسي لكل خلية من خلايا الجسم وتختلف كميته تبعا للسن، والجنس، وتركيب الجسم. ويفقد الإنسان الماء كلما تقدم في السن. فبينما يمثل الماء حوالي 80% من وزن الجسم عند الولادة تصل هذه النسبة في الإنسان البالغ إلى حوالي 60% وتنخفض في سن 60 عاماً إلى 50% نتيجة لفقد الماء خارج الخلية extracellular water. وتكون نسبة الماء في الذكور أعلى من نسبته في الإناث لأن لديهم عضلات أكثر ودهون أقل. والأشخاص الذين لديهم عضلات أكثر، كما هو حال الرياضيين، تكون نسبة الماء عندهم أكثر لأن العضلات تحتوي على الماء أكثر من النسيج الدهني بثلاثة أضعاف.

والبروتينات proteins مكوّن أساسي لكل خلية من خلايا الجسم، أما الكربوهيدرات carbohydrates فنسبتها قليلة في الجسم ولاتتجاوز 1.5% من وزن الجسم. وهي توجد على شكل غليكوجين (حوالي 350 غراماً) موزعة بين الكبد والعضلات وعلى شكل سكر خارج الخلايا. أما العناصر المعدنية minerals فغالبا ما توجد في الهيكل العظمي والأسنان، حيث يتركز معظم ما في الجسم من كالسيوم وفوسفور وبعض الأملاح الأخرى. وهي تتوزع أيضاً في الكبد والطحال والعضلات وبقية أنسجة الجسم على هيئة مخزون. ويمكن للجسم أن يفقد حوالي 2 كيلوغرام من محتواه من البروتين و10% من كمية الماء الموجودة فيه وحوالي ثلث محتوى الهيكل العظمي من الأملاح المعدنية بدون أن يشكل ذلك خطراً على الحياة.

العلاقة بين الغذاء والمغذّيات

للغذاء أدوار مختلفة بالنسبة للفرد، فهو يشكل له أهمية نفسية واجتماعية وإشباعية تعتبر بمثابة المحددات لكمية ونوعية الطعام المستهلك أكثر من الاعتبارات التغذوية.

وبالرغم من أهمية هذه الأدوار للغذاء، إلا أن دوره الأساسي يتمثّل بتغذية الجسم. وإذا لم يتم اختيار الغذاء المناسب، فإن الجسم سوف يكون عرضة للعَوَز في عنصر أساسي أو أكثر. وقد تم تعريف المغذي الأساسي **essential nutrient** بأنه العنصر الذي يجب تزويد الجسم به عن طريق الغذاء لأن الجسم لا يستطيع تصنيعه بالمعدل الكافي الذي يقابل احتياجاته له.

ويمكن اختصار وظائف المغذيات الأساسية في الجسم بالآتي:

- تزويد الجسم بالطاقة؛
- المساعدة في نمو وترميم أنسجة الجسم؛
- تنظيم عمليات الجسم.

وتنقسم المغذيات التي تقوم بهذه الوظائف إلى ست مجموعات:

1 ـ الكربوهيدرات؛

2 ـ الدهون؛

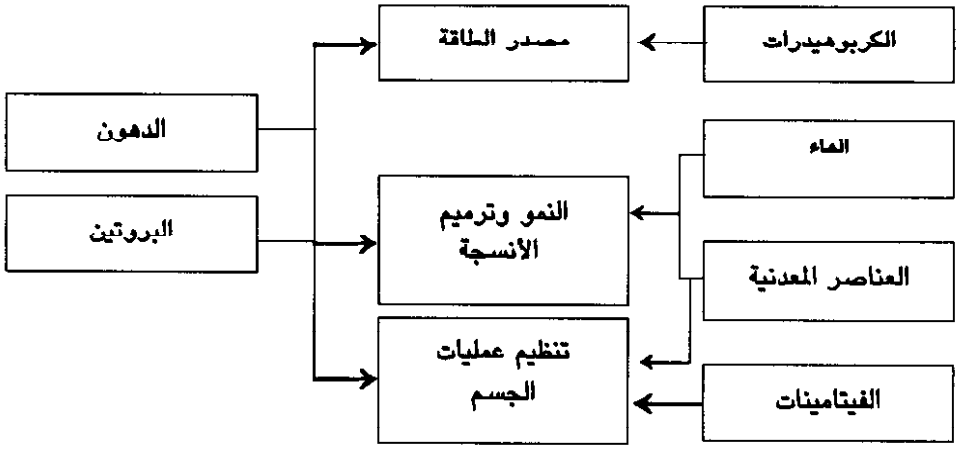
3 ـ البروتين؛

4 ـ الأملاح المعدنية؛

5 ـ الفيتامينات؛

6 ـ الماء.

ويبين الشكل رقم (1) تقسيم المغذيات تبعاً لوظائفها.



شكل رقم 1 ـ العلاقة بين المغذيات والوظائف

يوضح الجدول رقم (2) المغذيات الأساسية في المجموعات الست [2]. وبالرغم من أهمية كل هذه المغذيات الأساسية لوظائف الجسم الطبيعية إلا أن ليس هناك علاقة بين المقدار الذي يحتاجه الجسم إليه من المغذي الأساسي وأهمية هذا المغذي. فمثلا تتباين الاحتياجات الغذائية للإنسان البالغ ما بين 56 غراماً من البروتين و2 ميكروغرام من فيتامين B_{12}. ومن الممكن أن تحدث أعراض خطيرة نتيجة لنقص مغذٍ أساسي يحتاج الجسم إليه في كميات صغيرة للغاية بصورة أسرع من مغذٍ آخر يحتاج إليه الجسم في كميات أكثر بكثير. ومثال ذلك أن عوز الحديد أكثر شيوعا من عوز الكالسيوم بالرغم من أن احتياجات الكالسيوم أكثر من احتياجات الحديد بـ 80 مرة. ويمكن أن يحدث عَوَز المغذي nutrient deficiency ليس فقط نتيجة نقص الوارد الغذائي وإنما يمكن أن يكون ناتجاً أيضاً عن زيادة الاحتياجات أو عن ضعف في الامتصاص أو الاستفادة من المغذي. وهناك أيضا عامل مهم في تطور القصور أو العَوَز وهو سرعة استنفاد مخزون المغذي أثناء أوقات القصور الغذائي. وهذه تختلف من بضع ساعات في حالة الحموض الأمينية، التي ليس لها مخازن في الجسم، إلى حوالي 60 يوماً للعديد من الفيتامينات الذوابة في الماء مثل الثيامين، والنياسين، وفيتامين C، والريبوفلافين، ولغاية 7 سنوات لعنصر الكالسيوم.

التوصيات الغذائية nutritional recommendations

عندما ثبت أن العناصر الغذائية أساسية لصحة الإنسان كان لابد من معرفة الكمية التي يحتاجها الإنسان من المغذي المعين لتلبية احتياجاته. وقد ابتدأ التفكير في تحديد احتياجات الجسم من العناصر الغذائية في أوائل الأربعينيات من القرن العشرين أثناء الحرب العالمية الثانية. وصدرت أولى التوصيات الغذائية في عام 1943 عن مجلس التغذية والأغذية ـ الأكاديمية القومية للعلوم بالولايات المتحدة الأمريكية Food and Nutrition Board - National Academy of Sciences. وشملت التوصيات الطاقة وسبعة مغذيات فقط. توالى بعد ذلك إصدار هذه التوصيات الغذائية بعد مراجعتها وتحديثها على فترات منتظمة تبعاً للمعلومات العلمية المتوافرة. كما صدرت توصيات غذائية عن عدد من الدول الأخرى مثل كندا والمملكة المتحدة وبعض دول شرق أسيا وكذلك عن منظمة الأغذية والزراعة/ منظمة الصحة العالمية /FAO WHO.

وقد عرّفت التوصيات الغذائية بأنها "مستويات المتناول من المغذيات الأساسية التي تكون كافية لتلبية الاحتياجات الغذائية لأغلب الأشخاص الأصحاء." وقد حددت هذه الكميات خلال مراحل العمر المختلفة وحسب الجنس والحالة الفيزيولوجية (الحمل والإرضاع).

جدول رقم 2 ـ المغذيات الأساسية

الماء	البروتينات	الدهون	الكربوهيدرات	الفيتامينات	
	لوسين	حمض اللينولينيك	غلوكوز	ذوابة في الدهون	ذوابة في الماء
	إيزولوسين	حمض اللينولييك		فيتامين A	الثيامين
	ليزين	حمض الاراكيدونيك		فيتامين D	الريبوفلافين
	مثيونين			فيتامين E	النياسين
	فينيل الانين			فيتامين K	البيريدوكسين
	ثريونين				حمض الفوليك
	تريبتوفان				الكوبالامين
	فالين				البيوتين
	أرجينين				حمض البانتوثينيك
	هستيدين				فيتامين C

العناصر المعدنية	
عناصر كبروية	عناصر صغروية
الكالسيوم	الحديد
الفوسفور	الزنك
المغنيزيوم	النحاس
الكبريت	اليود
الصوديوم	السلينيز
البوتاسيوم	الفلور
الكلوريد	السيلينيوم
	الكوبالت
	الموليبدنوم
	الكروم
	النيكل
	الزرنيخ
	الفاناديوم
	القصدير
	السيليكون
	البورم

وظهر أخر إصدار للتوصيات الغذائية، وهو الإصدار العاشر، في عام 1989م، وشمل الطاقة و19 مغذياً أساسياً (الجدول رقم 3) [3]. ونظراً لعدم توافر الأبحاث الكافية لتحديد المداخيل الموصى بها لبعض الفيتامينات والمعادن، فقد احتوى الإصدار العاشر للتوصيات الغذائية للأكاديمية الوطنية للعلوم على تقديرات للكميات المأمونة والكافية للمتناول الغذائي اليومي estimated safe and adequate daily dietary intakes

(ESADDIs) لسبعة مغذيات أساسية (الجدول رقم 4) [3]. وكذلك قُدّرت الاحتياجات الدنيا estimated minimum requirements لكل من الصوديوم والكلوريد والبوتاسيوم للأشخاص الأصحاء، الجدول رقم (5) [3]. وقد ظهر عام 1998 تعديل جديد للتوصيات الغذائية نتيجة لعمل مشترك بين الولايات المتحدة الأمريكية وكندا. والتعديلات الجديدة سميت المتناول المرجعي من الغذاء Dietary Reference Intakes (DRI)، الجدول رقم (6). ويضم الجدول التوصيات الغذائية لعام 1989 للطاقة، والبروتين، والفيتامينات A وE وK وC والحديد، والزنك، واليود، والسيلينيوم. ويضم أيضاً المتناول الغذائي المرجعي 1989 ـ 1997 والذي قسم إلى قسمين: قسّم يضم المداخيل الموصى بها لكل من الثيامين، والريبوفلافين، والنياسين، وفيتامين B_6، والفولات، وفيتامين B_{12}، والفوسفور، والمغنيزيوم. والقسم الآخر يضم المتناول الكافي لكل من فيتامين D، وحمض البانتوثينيك، والبيوتين، والكولين، والكالسيوم، والفلوريد.

وهناك أيضاً الهرمونات التي لها علاقة باستفادة الجسم من الغذاء (الجدول)، بالإضافة إلى بعض الأنزيمات التي تساعد على إتمام الهضم (الجدول).

الطاقة Energy

تعرّف الطاقة بأنها القدرة على العمل. ويتبع الإنسان وكل المخلوقات الأخرى قانون حفظ الطاقة conservation of energy، الذي ينصّ على أن "الطاقة تتحول من صورة إلى أخرى." ومصدر الطاقة في الكائنات الحية هي الشمس. وبواسطة عملية التمثيل الضوئي photosynthesis، تستخدم النباتات أشعة الشمس لتحويل ثاني أكسيد الكربون من الجوّ والماء من التربة ومركبات غير عضوية إلى مركبات عضوية (الغلوكوز)، وتُختزن الطاقة على هيئة طاقة كيميائية، وتصنّع البروتينات، والدهون، والمواد الكربوهيدراتية الأخرى من الغلوكوز لاحتياجات النبات. ويحصل الإنسان والحيوان على هذه المغذيات وعلى الطاقة المختزنة فيها عند تناول النباتات ولحوم الحيوانات الأخرى.

وهناك خمسة أشكال للطاقة: (1) الشمسية، (2) الكيميائية، (3) الميكانيكية، (4) الحرارية، (5) الكهربائية. تتحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية بعملية التمثيل الضوئي. وتخزّن هذه الطاقة في النبات ويحصل الإنسان على الطاقة من الغذاء في صورة كيميائية تتحول داخل جسمه إما إلى صورة كيميائية أخرى (على شكل دهون أو غليكوجين أو بروتين) أو إلى طاقة ميكانيكية أو طاقة حرارية للمحافظة على حرارة الجسم. وبذلك يستفاد من الطاقة المتناولة في الغذاء في: (1) ممارسة العمل الميكانيكي، (2) المحافظة على أنسجة الجسم، (3) النمو.

جدول رقم 3 ـ المخصّصات الغذائية الموصى بها والمصمّمة للحفاظ على صحة جيدة لجميع الأصحاء والمعدلة عام 1989.

السن (سنوات) و الجنس	الوزن (كيلو غرام)	الطول (سم)	بروتين	الفيتامينات الذوابة في الدهون				الفيتامينات الذوابة في الماء						العناصر المعدنية						
				A ميكرو غرام (مكافىء رتينول)	D ميكرو غرام	E ميكرو غرام (ألفا- مكافىء)	K ميكرو غرام	C ملّيغرام	B1 ملّيغرام	B2 ملّيغرام	نياسين (مكافىء نياسين)	B6 ملّيغرام	فولات ميكرو غرام	B12 ميكرو غرام	كالسيوم ملّيغرام	فوسفور ملّيغرام	مغنيزيم ملّيغرام	حديد ملّيغرام	زنك ملّيغرام	يود ميكرو غرام	سيلينيم ميكرو غرام
الرضع 0.5-0	6	60	13	375	7.5	3	5	30	0.3	0.4	5	0.3	25	0.3	400	300	40	6	5	40	10
1-0.5	9	71	14	375	10	4	10	35	0.4	0.5	6	0.6	35	0.5	600	500	60	10	5	50	15
الأطفال 3-1	13	90	16	400	10	6	15	40	0.7	0.8	9	1.0	50	0.7	800	800	80	10	10	70	20
6-4	20	112	24	500	10	7	20	45	0.9	1.1	12	1.1	75	1.0	800	800	120	10	10	90	20
10-7	28	132	28	700	10	7	30	45	1.0	1.2	13	1.4	100	1.4	800	800	170	10	10	120	30
الذكور 14-11	45	157	45	1000	10	10	45	50	1.3	1.5	17	1.7	150	2.0	1200	1200	270	12	15	150	40
18-15	66	176	59	1000	10	10	65	60	1.5	1.8	20	2.0	200	2.0	1200	1200	400	12	15	150	50
24-19	72	177	58	1000	10	10	70	60	1.5	1.7	19	2.0	200	2.0	1200	1200	350	10	15	150	70
50-25	79	176	63	1000	5	10	80	60	1.5	1.7	19	2.0	200	2.0	800	800	350	10	15	150	70
+50	77	173	63	1000	5	10	80	60	1.2	1.4	15	2.0	200	2.0	800	800	350	10	15	150	70
الإناث 14-11	46	157	46	800	10	8	45	50	1.1	1.3	15	1.4	150	2.0	1200	1200	280	15	12	150	45
18-15	55	163	44	800	10	8	55	60	1.1	1.3	15	1.5	180	2.0	1200	1200	300	15	12	150	50
24-19	58	164	46	800	10	8	60	60	1.1	1.3	15	1.6	180	2.0	1200	1200	280	15	12	150	55
50-25	63	163	50	800	5	8	65	60	1.1	1.3	15	1.6	180	2.0	800	800	280	15	12	150	55
+50	65	160	50	800	5	8	65	60	1.0	1.2	13	1.6	180	2.0	800	800	280	10	12	175	55
الحوامل			60	800	10	10	65	70	1.5	1.6	17	2.2	400	2.2	1200	1200	320	30	15	175	65
المرضعات في الأشهر الستة الأولى			65	1300	10	12	65	95	1.6	1.8	20	2.1	280	2.6	1200	1200	355	15	19	200	75
في الأشهر الستة الثانية			62	1200	10	11	65	95	1.6	1.7	20	2.1	260	2.6	1200	1200	340	15	16	200	75

Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS: Recommended Dietary Allowances, 10th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

جدول رقم 4 ـ الكميات المأمونة والكافية للمتناول الغذائي من العناصر الزهيدة المقدار

الفئة العمرية (سنوات)	العناصر الزهيدة المقدار				
	النحاس (ملّيغرام)	المنغنيز (ملّيغرام)	الفلوريد (ملّيغرام)	الكروم (ميكروغرام)	الموليبدنوم (ميكروغرام)
الرضع					
0.5 - 0	0.6 - 0.4	0.6 - 0.3	0.5 - 0.1	40 - 10	30 - 15
1 - 0.5	0.7 - 0.6	1.0 - 0.6	1.0 - 0.2	60 - 20	40 - 20
الأطفال والناشئة	1.0 - 0.7	1.5 - 1.0	1.5 - 0.5	80 - 20	50 - 25
3 - 1	1.5 - 0.7	2.0 - 1.5	2.5 - 1.0	120 - 30	75 - 30
6 - 4	1.5 - 1.0	3.0 - 2.0	2.5 - 1.0	200 - 50	150 - 50
10 - 7	2.5 - 1.5	5.0 - 2.5	2.5 - 1.5	200 - 50	250 - 75
11+ فما فوق	3.0 - 1.5	5.0 - 2.0	4.0 - 1.5	200 - 50	250 - 75

Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS: Recommended Dietary Allowances, 10th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

جدول رقم 5 ـ تقديرات الاحتياجات الدنيا من الصوديوم والكلور والبوتاسيوم للأفراد الأصحاء

العمر	الوزن (كيلوغرام)	الصوديوم (ملّيغرام)	الكلوريد (ملّيغرام)	البوتاسيوم (ملّيغرام)
شهور				
5 - 0	4.5	120	180	500
11 - 6	8.9	200	300	700
سنوات				
1	11.0	225	350	1000
5 - 2	16.0	300	500	1400
9 - 6	25.0	400	600	1600
18 - 10	50.0	500	750	2000
18 فما فوق	70.0	500	750	2000

Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS: Recommended Dietary Allowances, 10th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

جدول رقم 6 ـ المُخَصَّصات الغذائية الموصى بها 1989 والمتناول الغذائي المرجعي 1997- 1998

السن بالسنوات والجنس	التوصيات الغذائية 1989												المتناول الكافي 1997-1988					
	الثيامين (مليغرام)	الريبوفلافين (ميكروغرام)	النياسين مليغرام (مكافئ نياسين)	B6 (مليغرام)	الفولات (ميكرو غرام)	B12 (ميكرو غرام)	الفوسفور (مليغرام)	المغنيزيوم (مليغرام)	فيتامين D (ميكروغرام)	حمض البانتوثينيك (مليغرام)	البيوتين (ميكرو غرام)	الكولين (مليغرام)	الكالسيوم (مليغرام)	الفلوريد (مليغرام)
الرضع															
0.5 - 0	0.2	0.3	2	0.1	65	0.4	100	30	5	1.7	5	125	210	0.01
1 - 0.5	0.3	0.4	4	0.3	80	0.5	275	75	5	1.8	6	270	270	0.5
الأطفال															
3 - 1	0.5	0.5	6	0.6	50	0.9	460	80	5	2.0	8	200	500	0.7
8 - 4	0.6	0.6	8	0.6	200	1.2	500	130	5	3.0	12	250	800	1.1
الذكور															
13 - 9	0.9	0.9	12	1.0	300	1.8	1250	240	5	4.0	20	375	1300	2.0
18 - 14	1.2	1.3	16	1.3	400	2.4	1250	410	5	5.0	25	550	1300	3.2
30 - 19	1.2	1.3	16	1.3	400	2.4	700	400	5	5.0	30	550	1000	3.8
50 - 31	1.2	1.3	16	1.3	400	2.4	700	420	5	5.0	30	550	1000	3.8
70- - 51	1.2	1.3	16	1.7	400	2.4	700	420	10	5.0	30	500	1200	3.8
70<	1.2	1.3	16	1.7	400	2.4	700	420	15	5.0	30	500	1200	3.8
الإناث															
13 - 9	0.9	0.9	12	1.0	300	1.8	1250	240	5	4.0	20	375	1300	2.0
18 - 14	1.0	1.0	14	1.2	400	2.4	1250	360	5	5.0	25	400	1300	2.9
30 - 19	1.1	1.1	14	1.3	400	2.4	700	310	5	5.0	30	425	1000	3.1
50 - 31	1.1	1.1	14	1.3	400	2.4	700	320	5	5.0	30	425	1000	3.1
70 - 51	1.1	1.1	14	1.5	400	2.4	700	320	10	5.0	30	425	1200	3.1
70<	1.1	1.1	14	1.5	400	2.4	700	320	15	5.0	30	425	1200	3.1
الحوامل	1.4	1.4	18	1.9	600	2.6	*	+40	*	6.0	30	450	*	*
المرضعات	1.5	1.6	17	2	500	2.8	*	*	*	7.0	35	550	*	*

جدول رقم 6 ـ المُخَصّصات الغذائية الموصى بها 1989 والمتناول الغذائي المرجعي 1997 - 1998 (تابع)

التوصيات الغذائية 1989									
السن بالسنوات والجنس	الطاقة سعر حراري	البروتين (غرام)	فيتامين A (ميكروغرام)	فيتامين E (ملينرام)	فيتامين C (ميكروغرام)	فيتامين K (مليغرام)	حديد (مليغرام)	زنك (مليغرام)	بور (ميكروغرام)	سيلينيوم (ميكرو غرام)
الرضع										
0.5 - 0	650	13	375	3	5	30	6	5	40	10
1 - 0.5	850	14	375	4	10	35	10	5	50	15
الأطفال										
3 - 1	1300	16	400	6	15	40	10	10	70	20
6 - 4	1800	24	500	7	20	45	10	10	90	20
10 - 7	2000	28	700	7	30	45	10	10	120	30
الذكور										
14 - 11	2500	45	1000	10	45	50	12	15	150	40
18 - 15	3000	59	1000	10	65	60	12	15	150	50
24 - 19	2900	58	1000	10	70	60	10	15	150	70
50 - 25	2900	63	1000	10	80	60	10	15	150	70
50+	2300	63	1000	10	80	60	10	15	150	70
الإناث										
14 - 11	2300	46	800	8	45	50	15	12	150	45
18 - 15	2200	44	800	8	55	60	15	12	150	50
24 - 19	2200	46	800	8	60	60	15	12	150	55
50 - 25	2200	50	800	8	65	60	15	12	150	55
50+	1900	50	800	8	65	60	10	12	175	55
الحوامل	+30	60	800	10	65	70	30	15	175	65
المرضعات										
أول 6 شهور	+500	65	1300	12	65	95	15	19	200	75
ثاني 6 شهور	+500	62	1200	11	65	95	15	16	200	75

* نفس الكميات للإناث في الفئة العمرية المشابهة

Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS: Recommended Dietary Allowances, 10th ed., and the first two of the Dietary Reference Intakes series. Washington, DC: National Academy Press, 1989, 1997 and 1998.

والوحدة المرجعية لحساب الطاقة هي الكيلوكالوري (سعر حراري) **kilocalorie** وتعرَّف بأنها " كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوغرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة (من 15 إلى 16 درجة مئوية). "ويستخدم الجول **joule** لحساب الطاقة في بعض الدول ويُعرَّف بأنه "العمل الذي تقوم به قوة مقدارها نيوتن واحد عندما تزاح نقطة تأثيرها متراً واحداً في اتجاه القوة". ويساوي الكيلو كالوري أو السعر الحراري 4.184 كيلوجول.

وتحدَّد قيمة الطاقة في عينة من الطعام بالقياس المباشر للحرارة بطريقة تعرف قياس الكالوري المباشر **direct calorimetry** وذلك باستعمال جهاز يسمى المسعر التفجيري (القنبلي) **bomb calorimeter**. وتحدد قيمة الطاقة بما يعرف بطاقة الحرق **heat of combustion** وهي كمية الطاقة القصوى التي تنتج عندما يتم حرق عينة طعام حرقاً كاملاً. لكن طاقة الحرق في جسم الإنسان تختلف عما هي عليه في المسعر التفجيري، حيث لا تكون كل الطاقة في الغذاء متاحة للخلايا. إذ إن عمليات الهضم والامتصاص ليست كاملة الفعالية، كما أن أكسدة البروتينات والحموض الأمينية ليست كاملة، حيث لا يتم أكسدة الجزء النتروجيني فيها وإنما يفرز في البول على هيئة يوريا. وقد قدرت القيم بعد حساب الطاقة المفقودة في اليوريا وكفاءة الهضم على الشكل التالي: الكربوهيدرات 4 والدهون 9 والبروتين 4 والكحول 7 سعر حراري /غرام. ويبين الجدول رقم (7) حساب قيم الطاقة الفيزيولوجية للمغذيات (سعر حراري/غرام).

جدول رقم 7 ـ حساب قيم الطاقة الفيزيولوجية للمغذيات (سعر حراري/غرام)

	الكربوهيدرات	الدهون	البروتين	الكحول
طاقة الحرق	4.15	9.45	5.65	7
طاقة حرق النتروجين غير المتاح للجسم	-	-	1.30	-
الطاقة الصافية للحرق	4.15	9.45	4.35	7
كفاءة الهضم	0.98	0.95	0.92	1.00
قيمة الطاقة الفيزيولوجية (سعر حراري)	4.00	9.00	4.00	7.00
قيمة الطاقة الفيزيولوجية (كيلوجول)	17	18	17	30

احتياجات الجسم للطاقة

تلزم الطاقة للجسم للأغراض الآتية:

1. عمليات الاستقلاب (الأيض) الأساسي Basal metabolism

وهي مجموعة عمليات التحول الغذائي داخل الجسم الحي وتتضمن عمليات البناء anabolism وعمليات التدرّك أو التقويض catabolism التي تحدث في خلايا الجسم وسوائله وعمليات التحول التي تتيح توفّر الطاقة اللازمة لاستمرار الحياة مثل التنفس، والدورة الدموية، والحركات اللاإرادية للعضلات، وتصنيع المكونات العضوية مثل الهرمونات وخاصة تلك المتعلقة بالنمو، وضخ الأيونات عبر الأغشية، وحفظ حرارة الجسم وغيرها. ويتم حساب استهلاك طاقة الاستقلاب الأساسي تحت ظروف ثابتة وهي أن يكون الإنسان مستلقيا ومتيقظاً في حالة استرخاء كامل جسديًا وعقلياً، وأن يكون قد مضى 12 ساعة على آخر وجبة غذائية له، و4 ساعات على آخر مجهود عضلي مارسه، وأن تكون درجة حرارة الغرفة 25.5 مئوية. وهناك عدة عوامل تؤثر في معدل الاستقلاب الأساسي منها ما يزيد من هذا المعدّل، مثل زيادة الكتلة العضلية، والنشاط البدني الجيد، والذكورة، وزيادة إفراز الغدة الدرقية hyperthyroidism، والحمل، والبلوغ، والتفاوت في درجة البيئة، وارتفاع درجة حرارة الجسم. وفي المقابل تخفض بعض العوامل من معدل الاستقلاب الأساسي مثل زيادة دهون الجسم، والأنوثة، ونقص إفراز الغدة الدرقية hypothyroidism، والنوم، والتقدم في السن، ونقص الوزن.

ويمكن حساب طاقة الاستقلاب (الايض) الأساسي على النحو التالي:

الذكر: 1 سعر حراري/كيلوغرام من وزن الجسم المثالي/الساعة 24x ساعة

الأنثى: 0.95 سعر حراري/كيلوغرام من وزن الجسم المثالي/الساعة 24x ساعة

2. النشاط البدني Physical activity

يتفاوت إسهام الطاقة في الحركة والنشاط البدني كثيراً من فرد إلى آخر، ومن الممكن أن يمثل النشاط البدني 10% من الطاقة الكلية في حالة ملازمة الفراش و50% من الطاقة الكلية عند الرياضيين. ويوضح الجدول رقم (8) كيفية حساب النشاط البدني حسب درجة النشاط [4].

3. التأثير الحراري للأطعمة Thermic effect of food

وهو الطاقة اللازمة لهضم وامتصاص واستقلاب المغذيات، وقد تبيَّن أن تناول الكربوهيدرات أو الدهون يزيد من معدل الاستقلاب بمقدار 6% من الطاقة الكلية المتناولة بينما يزيد تناول البروتين فقط من معدل الاستقلاب بمقدار 25%. ويقلّ

التأثير عندما تمزج هذه المغذيات مع الطعام ولذلك لابد من إضافة 10% من احتياجات الطاقة الكلية للاستقلاب الأساسي والنشاط الجسماني الإرادي ليغطي التأثير الحراري للأطعمة.

جدول رقم 8 ـ حساب الاحتياجات الكلية للطاقة اليومية حسب درجة النشاط للرجال والنساء (العمر 19.5 سنة) *

درجة النشاط العام	عامل النشاط x (معدل الاستقلاب الأساسي + التأثير الحراري للأطعمة)	احتياجات الطاقة سعر حراري/كيلوغرام/اليوم
نشاط خفيف جداً (ساكن)		
الرجل	1.3	31
المرأة	1.3	30
نشاط خفيف		
الرجل	1.6	38
المرأة	1.5	35
نشاط متوسط		
الرجل	1.7	41
المرأة	1.6	37
نشاط قوي		
الرجل	2.1	50
المرأة	1.9	44
نشاط زائد		
الرجل	2.4	58
المرأة	2.2	51

طرق تقدير احتياجات الطاقة الكلية

تقدَّر احتياجات الطاقة الكلية اليومية بجمع كلٍّ من طاقة الاستقلاب الأساسي واحتياجات الطاقة للنشاط البدني والتأثير الحراري للأطعمة. وهناك العديد من الطرق التي اقترحت لحساب طاقة الاستقلاب الأساسي [5]. وفيما يلي بعض الطرق المستخدمة لحساب احتياجات الطاقة الكلية اليومية.

* الطريقة الأولى

1 ـ تحديد الوزن المثالي بالكيلوغرامات

2 ـ حساب احتياجات الاستقلاب الأساسي

الذكر: 1 سعر حراري/كيلوغرام من الوزن المثالي/الساعة x24 ساعة

الأنثى: 0.95 سعر حراري/كيلوغرام من الوزن المثالي/الساعة 24x ساعة

3 ـ إنقاص 1% سعر حراري / كيلوغرام من الوزن المثالي / عدد ساعات النوم

4 ـ إضافة طاقة النشاط الجسماني (20، 50، 75، 100% من الاستقلاب الأساسي)

5 ـ إضافة التأثير الحراري للأطعمة (10% من الاستقلاب الأساسي + النشاط البدني)

6 ـ المجموع يساوي الاحتياجات اليومية التقريبية للطاقة.

* الطريقة الثانية

الوزن المثالي بالكيلوغرام x أحد العوامل لحساب احتياجات الطاقة اليومية الكلية حسب درجة النشاط والجنس (العمر من 19-50 سنة) حسب الجدول رقم (8).

ويبين الجدول رقم (6) احتياجات الطاقة اليومية الكلية بالنسبة للأعمار المختلفة.

الكربوهيدرات Carbohydrates

يحصل الإنسان على معظم الطاقة اللازمة للحركة والعمل والحياة من الكربوهيدرات، حيث إنها الأرخص والأيسر حصولاً والأسهل هضماً. والكربوهيدرات مواد عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين والأكسجين وصيغتها العامة ($Cn\ H_2nO_2$)، وتحتوي على 3 - 7 ذرات كربون. وتلعب السكريات التي تحتوي على 5 أو 6 ذرات كربون (بنتوزات pentoses والهكسوزات hexoses) أدواراً مهمة في عملية التغذية. وتقوم النباتات بتصنيع الكربوهيدرات وتخزينها كمصدر للطاقة عن طريق عملية التمثيل الضوئي photosynthesis. ومن الكربوهيدرات يقوم النبات بتصنيع المغذيات الأخرى مثل الدهون والبروتين.

تنقسم الكربوهيدرات إلى:

1 ـ أحاديات السكّريد monosaccharides وتتكون من جزيء واحد وتشمل الغلوكوز glucose الذي يوجد في الفواكه والعسل والذرة وبعض الدرنات، وهو ناتج تكسير الكربوهيدرات المعقدة في الهضم، والصورة التي تتواجد فيها الكربوهيدرات في دم الإنسان، وهو المغذي الأساسي في الكربوهيدرات. والفركتوز fructose ويوجد في العسل والفواكه. والغلاكتوز galactose وهو ناتج هضم سكر اللبن lactose.

2 ـ ثنائيات السكّريد disaccharides وتتكون من جزيئين من أحادي السكريدات وتشمل السكروز sucrose (غلوكوز+فركتوز) المعروف بسكر المائدة، ويوجد في قصب السكر والعسل الأسود وسكر البنجر والفواكه والخضروات والعسل. واللاكتوز lactose (غلوكوز+غلاكتوز) وهو السكر الأساسي في اللبن. والمالتوز maltose

(غلوكوز+غلوكوز) وهو سكر الشعير وينتج من عملية الهضم بالأنزيمات التي تحلل الكربوهيدرات المعقدة.

3 ـ عديدات السكّريد polysaccharides وتسمى أيضا الكربوهيدرات المعقدة وتتكون من مئات أو آلاف من جزيئات الغلوكوز المرتبط بعضها ببعض. وتشمل النشا starch ويوجد في الحبوب والبقوليات والدرنات، والغليوكوجين glycogen وهو الصورة المخزنة من الكربوهيدرات في الإنسان والحيوان والمصدر السريع المتاح للغلوكوز عندما يُحتاج إليه، والدكسترينات dextrins، وهي النواتج الوسيطة عن تحلل النشا أثناء عملية الهضم، والألياف dietary fiber (وتشمل السلولوز cellulose، والهيميسلولوز hemicellulose، والبكتين pectin) وهي الجزء من النبات الذي لا يهضم بواسطة أنزيمات الهضم في الجهاز الهضمي للإنسان. وتوجد الألياف في البقول، والخضروات، والمكسّرات، والحبوب الكاملة، والفواكه.

وظائف الكربوهيدرات في الجسم

للكربوهيدرات أهمية كبيرة بالنسبة للغذاء والجسم، وهي تعتبر من أهم مصادر الطاقة للإنسان، حيث يعطي كل غرام واحد من الكربوهيدرات 4 سعرات حرارية. ويستخدم الجسم أولا الكربوهيدرات كمصدر للطاقة، وبذلك يوفر البروتين لأغراض البناء ويمنع تشكل الأجسام الكيتونية ketone bodies وتكسير البروتين. والغلوكوز ضروري للحفاظ على وظيفة الأنسجة العصبية، والمصدر الرئيسي لطاقة المخ. والكربوهيدرات ضرورية للاستقلاب الغذائي للدهون. وهي تلعب دوراً هاماً كعامل مزيل للسموم detoxification ونواتج استقلاب الأدوية في الجسم، وتحوّلها إلى مواد يمكن للجسم أن يتخلّص منها. وإلى جانب ذلك، تُسهم الكربوهيدرات ونواتجها كموادّ مولّدة لمركّبات أخرى مثل الحموض النووية nucleic acids والنسيج الضام connective tissue، والنسيج العصبي nervous tissue. كما أن هناك علاقة بين المتناول من الكربوهيدرات وتسوّس الأسنان. ويبقى سكر اللاكتوز الموجود في الحليب في الأمعاء فترة أطول من باقي السكريات، وهو بذلك يشجع نمو البكتيريا النافعة التي تصنع بعض الفيتامينات في الأمعاء الغليظة.

أما الألياف الغذائية فقد أثبتت الدراسات أن لها فوائد صحية عديدة [6]. ومن هذه الفوائد منع حدوث الإمساك والتقليل من خطر حدوث سرطان القولون [7]، وذلك بالتقليل من التعرض للمُسَرطنات carcinogens في الأمعاء عن طريق تخفيف تركيزها وأمد بقائها في الأمعاء. وقد تبيّن أيضاً أن الألياف الغذائية تمنع تشكّل حُصيّات المرارة bile stones وتقلل من كولستيرول الدم، وهي تتمتّع بخاصية تقليل سكر

الدم hypoglycemic effect، وتقليل حدوث التهابات الزائدة الدودية، والدوالي، والبواسير، والداء الرتجي diverticulosis (في جدار الأمعاء). وللألياف أيضاً تأثير يمنح الإحساس بالشبع وهي لذلك يمكن أن تستخدم كوسيلة لمعالجة السمنة obesity.

وبالرغم من الفوائد العديدة للألياف، لابد من أخذ الحيطة والحذر عند تقييم هذه الفوائد، حيث إن هناك عوامل أخرى في الغذاء بجانب الألياف لها دور في هذه الفوائد. ولا بد من الاعتدال في تناول الألياف، حيث تشير بعض الأدلة إلى أن زيادة تناول الألياف يتعارض مع امتصاص بعض المغذيات الأساسية والهامة للجسم مثل الحديد، والزنك، والكالسيوم إلى جانب إمكانية التبرز بكثرة.

هضم وامتصاص الكربوهيدرات

يبدأ هضم الكربوهيدرات في الفم بواسطة أنزيم التيالين ptyalin أو أميلاز اللعاب salivary amylase الذي تفرزه الغدد اللعابية وتحلله إلى دكسترينات ومالتوز. ويتوقف عمل أميلاز اللعاب في المعدة على وجود حمض الهيدروكلوريك HCl. ويتم في الأمعاء الدقيقة في الإثنا عشري، وعن طريق الاميلاز البنكرياسي pancreatic amylase، تكسير الكربوهيدرات والدكسترينات إلى ثنائي السكّريد disaccharides. وبواسطة أنزيمات السكراز sucrase والمالتاز maltase واللاكتاز lactase التي تفرزها الخلايا المخاطية للأمعاء الدقيقة يتم تكسير ثنائي السكريد إلى غلوكوز وفركتوز وغلاكتوز. تمتص أحاديّات السكريد الناتجة من عملية الهضم بطريقة النقل الفعال active transport وتنقل بواسطة الوريد البابي portal vein إلى الكبد، حيث يتم تحويل الفركتوز والغلاكتوز إلى غلوكوز.

استقلاب الكربوهيدرات Carbohydrate metabolism

يبدأ الاستقلاب الغذائي للكربوهيدرات بنقل جزيء الغلوكوز إلى داخل الخلايا حيث تتم أكسدته تماما في دورة كربس أو دورة حمض السيتريك citric acid cycle إلى ثنائي أكسيد الكربون وماء مع إطلاق 36–38 جزيئًا من الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP الغنية بالطاقة، وذلك لمقابلة احتياجات الطاقة لكل الأنسجة. أما الفائض من الغلوكوز عن احتياجات الطاقة فيتم تحويله إلى غليكوجين glycogen بمعدل 60 غراماً في الكبد و70 غراماً في العضلات لكل كيلوغرام من وزن الجسم على التوالي. ويتحوّل ما تبقّى من الغلوكوز إلى حموض دهنية fatty acids تُخزَّن على هيئة ثلاثيات الغليسريد triglycerides في النسيج الدهني adipose tissue.

ومن مسارات الاستقلاب الغذائي للكربوهيدرات، تحويلة أحادي فوسفات الهكسوز hexomonophosphate shunt أو تحويلة البنتوز pentose shunt وفيها يتحول

الغلوكوز إلى بنتوز pentose (جزيئات السكر الخماسي الريبوز ribose) الضروري لبناء الحموض النووية DNA وRNA، كما ينتج تميم الأنزيم co-enzyme المختزل للحموض الدهنية في الجسم (فوسفات ثنائي نكليوتيد النيكوتين والأدينين المختزل NADPH) الضروري لعملية تكوين الدهون lipogenesis. ويتاح الغلوكوز عند الضرورة بواسطة الكبد الذي يكوّنه من مصادر غير كربوهيدراتية (استحداث السكر gluconeogenesis) وذلك للمحافظة على مستوى سكر الدم.

تنظيم سكر الدم Regulation of blood sugar

هناك عدد من الآليات التي تعمل على المحافظة على ثبات مستوى السكر في الدم (70–110 ملّيغرام/ 100 مليلتر دم)، كما في حالات الصيام أو بين الوجبات، وذلك عن طريق تحويل الغليكوجين في الكبد إلى غلوكوز(تحلل الغليكوجين glycogenolysis). أما غليكوجين العضلات فيستخدم فقط كطاقة ولا يتحول إلى غلوكوز مباشرة. لكن حمض اللاكتيك lactic acid الناتج عن أكسدة غليكوجين العضلات يُنقل إلى الكبد، حيث يتحول إلى غلوكوز أو غليكوجين (دورة كوري cori cycle). وفي الحالات التي ينخفض فيها الغلوكوز، كما في حالات الصيام أو استهلاك الطاقة لمدة طويلة، تتحول الحموض الأمينية والغليسرول الناتج عن تكسير الدهون إلى غلوكوز عن طريق عملية تكوين الغلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية (استحداث السكر) gluconeogenesis.

ولتنظيم هذه العمليات، تعمل مجموعة من الهرمونات على حفظ التوازن بين عمليتي الابتناء (anabolism) والهدم أو التقويض (catabolism)، حيث يقوم الأنسولين insulin (وهو هرمون البناء) الذي تفرزه خلايا البنكرياس (خلايا بيتا في جزيرات لانغرهانس β-cells of islets of Langerhans) بالمحافظة على سكر الدم. ويبدأ هذا الهرمون عمله بعد الامتصاص فيقوم بتخفيض سكر الدم، وذلك بزيادة معدل الاستفادة من الغلوكوز سواء بالأكسدة (تحلل السكر glycolysis) أو بتحويله إلى غليكوجين في الكبد والعضلات (تكون الغليكوجين glycogenesis) أو تكوين الدهون lipogenesis.

وعلى الجانب الآخر، تعمل هرمونات الهدم أو التقويض (catabolism) على الحفاظ على مستوى سكر الدم بتأثيرات معاكسة تماماً لتأثير الأنسولين. ومن هذه الهرمونات الغلوكاغون glucagon الذي تفرزه خلايا البنكرياس (خلايا ألفا في جزر لانغرهانس α - cells of islets of Langerhans) والإبينفرين epinephrine الذي يفرزه لب الكظر adrenal medulla، وهرمونات الغلوكورتيكويدات glucocorticoids التي تفرزها قشرة الكظر adrenal cortex، وهرمون الثيروكسين thyroxin الذي تفرزه الغدة الدرقية. وتعمل هذه الهرمونات على زيادة تحلل الغليكوجين glycogenolysis وتكوين الغلوكوز من

مصادر غير كربوهيدراتية (استحداث السكر) glucooneogenesis، وبالتالي تزيد من مستويات السكر في الدم في فترات الصيام وبين الوجبات.

المصادر الغذائية للكربوهيدرات

أغلب المصادر الغذائية للكربوهيدرات ذات أساس نباتي، أما مصادرها الحيوانية فهي سكر اللاكتوز الموجود في اللبن وعسل النحل. ويتكسَّر الغليكوجين الذي يخزَّن بكميات بسيطة في كبد وعضلات الحيوان عند ذبحه بفعل هرمونات الهدم (الأدرينالين adrenaline). وأهم المصادر النباتية للكربوهيدرات هي الحبوب والخضروات والفواكه وسكر المائدة المستمدّ من قصب السكر وسكر البنجر. أما الألياف فتوجد في البقول والخضروات والفواكه والمكسّرات والحبوب الكاملة.

الاحتياجات الغذائية للكربوهيدرات

ليس هناك توصيات غذائية محدّدة للكربوهيدرات، لكن يوصى عادة بتناول 100غرام من الكربوهيدرات على الأقل في اليوم، وذلك لمنع فرط الأجسام الكيتونية فى الدم ketosis والحؤول دون استخدام بروتين الجسم كمصدر للطاقة، وكذلك لتفادي العواقب الأخرى غير المرغوب فيها في الاستقلاب الغذائي. وقد اقترح اختصاصيو التغذية أن يتراوح المتناول الكربوهيدراتي ما بين 55 - 60% من السعرات الكلية، وأن يكون المتناول من الألياف من 20 إلى 30 غراماً /اليوم [8].

الشحميات Lipids

تشمل الشحميات مجموعة من المركبات العضوية تضم الدهون fats والزيوت oils والشموع waxes والستيرولات sterols والمركبات الأخرى الموجودة في الأطعمة وفي جسم الإنسان. وتحتوي الشحميات على الكربون والهيدروجين والأكسجين، ولها خواص مشتركة مثل عدم الذوبان في الماء، وقابلية الذوبان في المذيبات العضوية، مثل الأثير والكلوروفورم.

تصنف الشحميات إلى:

1 ـ شحميات بسيطة simple lipids، وهي عبارة عن استرات الحموض الدهنية مع الكحولات وأهمها الدهون والزيوت، وقد تكون أحادية أو ثنائية أو ثلاثية الغليسريد mono, di, triglycerides. وتشمل الشحميات أيضاً الشموع waxes واسترات الستيرولات sterol esters واسترات فيتامين A وفيتامين D.

2 ـ شحميات مركّبة compound lipids، وهي عبارة عن مركبات حموض دهنية مرتبطة مع جزء غير دهني مثل حمض الفوسفوريك وقاعدة نتروجينية، وتشمل الفوسفوليبدات phospholipids والليسثين lecithin والسفالينات cephalins، أو تحتوي على كربوهيدرات (الشحميات السكرية) glycolipids أو كبريت sulfolipids أو بروتين lipoprotein.

3 ـ شحميات مشتقة derived lipids، وتشمل نواتج تحلل الشحوم، ومنها الحموض الدهنية الأحادية أو الثنائية الغليسريد والكولستيرول cholesterol و"الهرمونات الستيرويدية steroid hormones" وحموض الصفراء bile acids، وفيتامينات A وD وE وK.

وتتكون معظم الدهون الطبيعية من 98- 99% من ثلاثيات الغليسريد triglycerides وهي عبارة عن استرات الحموض الدهنية مع الكحولات. وتتكون الحموض الدهنية fatty acids من سلسلة كربونية تنتهي بمجموعة كربوكسيل COOH في جهة ومجموعة ميثيل CH_3 في الجهة الأخرى، وتأخذ صيغتها العامة الشكل: $CH_3\ (CH_2)_n\ COOH$. وهناك حوالي 24 حمضاً دهنياً يختلف كل واحد منها عن الآخر بطول السلسلة وبدرجة التشبع. وتنقسم الحموض الدهنية حسب طول السلسلة إلى: قصيرة السلسلة (4 ـ 6 ذرات كربون)، ومتوسطة السلسلة (8 ـ 12 ذرة كربون)، وطويلة السلسلة (14 - 27 ذرة كربون). وتتكوّن أغلب الدهون الطبيعية أساساً من حموض دهنية طويلة السلسلة.

وتنقسم الحموض الدهنية، حسب درجة التشبع وتبعاً لوجود أو غياب الروابط الزوجية، إلى حموض دهنية مشبعة saturated fatty acids توجد في الشحوم الحيوانية (ما عدا زيت جوز الهند وزيت النخيل النباتيين) وتكون جامدة في درجة حرارة الغرفة، وإلى حموض دهنية غير مشبعة unsaturated fatty acids، توجد في الزيوت النباتية وتكون سائلة في درجة حرارة الغرفة. وتكون الحموض الدهنية غير المشبعة إما أحاديّة اللاتَشَبُّع monounsaturated وتوجد في زيت الزيتون olive oil أو عديدة اللاتَشَبُّع polyunsaturated وتوجد في زيت عباد الشمس sunflower oil، وزيت بزر القطن cotton seed oil، وزيت الكتان linseed oil وزيت فول الصويا soybean oil وزيت الذرة corn oil. ويوضح الجدول رقم (9) الحموض الدهنية الشائعة [9].

وتعتبر الحموض الدهنية الأساسية essential fatty acids من الحموض الدهنية غير المشبعة، ومن أمثلتها حمض اللينوليك linoleic acid وحمض اللينولينيك linolenic acid،

في الجسم، وحمض الاراكيدونيك arachidonic acid الذي يُصنَّع من حمض اللينوليك. وللحموض الدهنية الأساسية دور هام في الجسم [10, 11]، لأنها تقوم بتوليد البروستاغلاندينات prostaglandins والثروموبوكسانات thromboxanes والبروستاسيكلينات prostacyclines. وهي مجموعة لها صفات عمل الهرمونات في تنظيم ضغط الدم ونبض القلب وتجلط الدم وتمدد الأوعية الدموية وتحلل الدهون والاستجابة المناعية والجهاز العصبي المركزي. وللحموض الدهنية الأساسية دور مهم أيضاً في النقل والاستقلاب الغذائي للدهون، والوظيفة المناعية، وسلامة الأغشية الخلوية.

وتحتل الفوسفوليبيدات phospholipids المرتبة الثانية في مكونات الشحميات في جسم الإنسان. وهي مركبات بنائية في الأغشية الخلوية وأساسية لبعض الأنزيمات. وهي تعتبر مصدراً للطاقة ولها دور مهم في عملية نقل الدهون. والفوسفوليبيدات ثلاثية الغليسريد هي عبارة عن فوسفوليبيدات أضيفت إليها مجموعة فوسفات وقاعدة نتروجينية مكان أحد الحموض الدهنية. ومن أهم الفوسفوليبيدات **اللسيثين lecithin** الذي يحتوي على حمض الفوسفوريك والكولين choline، ويوجد بوفرة في الكبد وصفار البيض وفول الصويا، وله خواص استحلابية كمثبِّت ومذيب، ويقوم بنقل واستخدام الحموض الدهنية. ومن الفوسفوليبيدات الأخرى السفالينات cephalins والسفنغوميلين sphingomylein اللذان يدخلان في تركيب الدماغ والنسيج العصبي وفي عملية نقل واستخدام الدهون.

الكولستيرول cholesterol هو أحد مركبات الستيرولات ومكوّن أساسي في الأغشية الخلوية والمخ والخلايا العصبية، ويتركز في الكبد وأنسجة الغدد حيث يصنَّع ويخزَّن. يوجد الكولستيرول في الأغذية الحيوانية فقط مثل المخ وصفار البيض والبطارخ (بيض السمك أو الكافيار) والكبد والقلب والكليتين والبنكرياس والزبدة والكريما، والأجبان واللبن كامل الدسم. وللكولستيرول فوائد عديدة للجسم، منها دوره في تركيب ووظيفة الأغشية الخلوية، ودوره في تصنيع الفيتامين D، والحموض الصفراوية bile acids، والهرمونات الستيرويدية steroid hormones مثل الأستروجين والبروجستيرون والأندروجين وهرمونات الغدة الكظرية. وبالرغم من أن الكولستيرول ضروري وأساسي للجسم، ألا أنه مغذٍ غير أساسي حيث يستطيع الجسم تصنيعه، كما يُعاد امتصاصه بكميات كبيرة من الحموض الصفراوية الموجود فيها.

جدول رقم 9 ـ الحموض الدهنية الشائعة

الاسم		عدد ذرات الكربون	عدد الروابط الزوجية	مصدر الدهن
حموض دهنية مشبعة				
حمض الزبدة	Butyric	4	-	دهن الزبدة
حمض الكابرويك	Caproic	6	-	دهن الزبدة
حمض الكابريليك	Caprylic	8	-	زيت جوز الهند
حمض الكابريك	Capric	10	-	زيت جوز الهند
حمض الغار (اللوريك)	Lauric	12	-	زيت جوز الهند
حمض جوزة الطيب	Myristic	14	-	دهن الزبدة، زيت جوز الهند
حمض البالمتيك (النخيل)	Palmitic	16	-	أغلب الشحوم والزيوت
حمض الستياريك (الشمع)	Stearic	18	-	أغلب الشحوم والزيوت
حمض الاراكيديك	Arachidic	20	-	زيت الفول السوداني
حمض البهنيك (البان)	Behenic	22	-	زيت الفول السوداني
حموض دهنية غير مشبعة				
حمض زيت الكبروليك	Caproleic	10	1	دهن الزبدة
حمض زيت الغار	Laneoleic	12	1	دهن الزبدة
حمض زيت جوزة الطيب	Myristoleic	14	1	دهن الزبدة
حمض زيت النخيل	Palmitoleic	16	1	زيوت بعض الأسماك، شحم البقر
حمض الزيت	Oleic	18	1	أغلب الشحوم والزيوت خاصة زيت الزيتون
حمض الايلايديك	Eleidic	18	1	دهن الزبدة
حمض الكتان	Linoleic	18	2	أغلب الزيوت النباتية وخاصة زيوت العصفر، القطن، فول الصويا، الذرة
حمض بذر الكتان	Linolenic	18	3	زيت فول الصويا، زيت اللفت
حمض زيت سمك القد	Gadoleic	20	1	بعض زيوت الأسماك
حمض الاراكيدونيك	Arachidonic	20	4	شحم الخنزير
-	-	20	5	زيوت بعض الأسماك
حمض الاروسيك	Erucic	22	1	زيت اللفت
-	-	22	6	زيوت بعض الأسماك

ويقع الاستقلاب الغذائي للدهون تحت تاثير الهرمونات التي تؤثر أيضا في الاستقلاب الغذائي للكربوهيدرات، حيث يقوم الأنسولين بزيادة تصنيع الدهن في الكبد والنسيج الدهني ويثبط الاستفادة من الدهون عن طريق تخفيض نشاط أنزيم الليباز الحساس للهرمون الذي يعمل على تحليل ثلاثيات الغليسريد في النسيج الدهني. أما هرمونات الهدم مثل الأبينفرين epinephrine والنورابينفرين norepinephrine، والهرمون الموجه لقشرة الكظر adrenocorticotropic hormone (ACTH)، والغلوكوكورتيكويدات (القشرانيات السكّرية) glucocorticoides، وهرمون الثيروكسين thyroxin، فتعمل على تحريك الشحوم وتساعد بالتالي على زيادة تحلل الدهون.

الأجسام الكيتونية Ketone bodies

عندما يختلّ توازن هرمونات الاستقلاب الغذائي، كما في حالات السكري غير المنضبط uncontrolled diabetes mellitus، أو حالات الجوع starvation، أو الصيام الطويل prolonged fasting، يزداد معدل تحريك الشحم من النسيج الدهني، وتظهر بالتالي كميات كبيرة من الحموض الدهنية في الكبد، وينتج عن أكسدتها (أكسدة - بيتا) إنتاج كميات من أستيل التميم A تفوق القدرة على أكسدتها في دورة كربس، فتتحوّل إلى حمض الأسيتواستيك acetoacetic acid الذي يتحول جزء منه إلى بيتا هيدروكسي البيوتريك beta-hydroxybutyric acid والأسيتون. وتعرف هذه المركبات الثلاثة بالأجسام الكيتونية **ketone bodies**. يظهر الأسيتون في هواء الزفير لأنه غاز طيار، أما الحمضان الآخران فيفرزان في البول وهما متحدان مع قاعدة (أيون صوديوم) مما يؤدي إلى حدوث انخفاض في حموضة الدم. وتسمى هذه الحالة بالحماض الكيتوني ketoacidosis. ويمكن أن تصبح هذه الحالة مميتة إذا لم تعالج.

المصادر الغذائية للدهون

المصادر الغذائية للدهون هي إما مصادر حيوانية أو نباتية. وتعتبر المنتجات الحيوانية المصدر الرئيسي للدهون المشبعة saturated وللكولستيرول، ومن أهم هذه المنتجات الزبد والسمن واللحوم والحليب ومشتقاته والبيض. أما المصادر النباتية فهي زيوت البذور النباتية مثل زيت بذر القطن cottonseed oil، وزيت العصفر safflower oil، وزيت عباد الشمس sunflower oil، وزيت الذرة corn oil. وتحتوي هذه الزيوت على حموض عديدة اللاتشبُّع polyunsaturated وبشكل خاص حمض اللينولييك linoleic acid. أما زيت الزيتون olive oil وزيت اللفت canola oil وزيت الفول السوداني peanut oil فتحتوي على حموض دهنية أحادية اللاتشبُّع مثل حمض الأوليبيك oleic acid. وهناك بعض الزيوت مثل زيت النخيل palm oil، وزيت جوز الهند coconut oil، تحتوي على نسبة عالية من الحموض الدهنية المشبعة.

الاحتياجات الغذائية للدهون

بالرغم من عدم وجود توصيات غذائية للدهون، تُقدَّر احتياجات الإنسان للحموض الدهنية الأساسية وخاصة حمض اللينولييك بحوالي 1-2% من مأخوذ المُخصَّص الكلي للطاقة. وتقابل هذه الاحتياجات حوالي 5 غرامات زيت. وقد اقترح خبراء التغذية أن مخصَّصات من الدهون ما بين 25-30% من إجمالي السعرات تتماشى مع الصحة الجيدة، على ألا تزيد نسبة الدهون المشبعة على 10% من مجمل السعرات. وبالنسبة للكولستيرول فقد اقترح ألاّ يزيد على 300 مليغرام/اليوم [13].

البروتينات Proteins

عرفت البروتينات منذ وقت طويل على أنها العنصر الأساسي في بناء كل خلية، وقد اشتق اسمها من كلمة لاتينية تعني "ذا أهمية أولية." وللبروتينات نفس العناصر العضوية التي تحتوي عليها الكربوهيدرات والدهون أي الأكسجين والهيدروجين والكربون، ولكنها تزيد عنها باحتوائها على 16% نتروجين إلى جانب بعض العناصر الأخرى مثل الكبريت والفوسفور والحديد والكوبالت. وتقوم النباتات بتصنيع البروتين من النتروجين الموجود في التربة أو عن طريق الجو (البقول بواسطة البكتيريا). ويحصل الإنسان على النتروجين من الأطعمة البروتينية النباتية أو الحيوانية. ويعود النتروجين إلى التربة عن طريق الإفرازات البشرية والحيوانية وعندما يموت النبات أو الحيوان. وتسمى هذه الدورة "بالدورة النتروجينية" nitrogen cycle.

تصنف البروتينات تبعاً لتركيبها الكيميائي إلى:

1 ـ بروتينات بسيطة simple proteins وتنتج حموضاً أمينية فقط عند التحلل. ومن أمثلتها الألبومينات albumins الذوابة في الماء، والغلوبولينات globulins الذوابة في المحاليل الملحيّة المخفّفة وتوجد في سوائل الجسم، والغلوتلينات glutelins والبرولامينات prolamins وتوجد في بروتينات النبات.

2 ـ بروتينات مقترنة conjugated proteins وهي بروتينات تتحد مع مركبات أخرى مثل البروتينات النووية nucleoproteins (DNA & RNA) والبروتينات الشحمية lipoproteins.

3 ـ بروتينات مشتقة derived proteins وهي المواد التي تنتج من تحلل البروتينات البسيطة أو المركبة أو المقترنة ثنائية الببتيدات.

الحموض الأمينية Amino acids

تتكون البروتينات من 22 وحدة بنائية تحتوي على النتروجين وتسمّى الحموض الأمينية amino acids وترتبط ببعضها بعضاً عن طريق رابطة ببتيدية peptide bond. وتختلف البروتينات عن بعضها البعض في عدد الحموض الأمينية وتتابعها، وهي تتراوح من ببتيدات متعددة صغيرة العدد إلى جزيئات مركبة تحتوي على عدة مئات أو آلاف من وحدات الحموض الأمينية. وتنقسم الحموض الأمينية إلى:

1 ـ أساسية essential or indispensable وعددها 9، ويجب الحصول عليها عن طريق الغذاء لأن الجسم لا يصنّعها بكميات تكفي احتياجاته. وينتج عن عوز أو قلّة هذه الحموض حدوث توازن نتروجيني سالب، ونقص في الوزن، وخلل في نموّ الرضّع والأطفال مع حدوث أعراض سريرية.

2 ـ غير أساسية nonessential or dispensable وهي تشكل بقية الحموض الأمينية، ويستطيع الجسم أن يصنّعها من حموض أمينية غير أساسية أخرى أو من مركّب كربوني في الخلية.

ويبيّن الجدول رقم (11) تقسيم الحموض الأمينية تبعا لهذا التصنيف [14]. وكما هو واضح بالجدول، فإن هناك بعض الحموض الأمينية غير الأساسية تصبح أساسية في بعض الحالات مثل الأرجينين arginine الذى يصبح أساسياً لدى المصابين بسوء التغذية، أو الذين يمرّون بحالة نقاهة من إصابة أو جراحة. وكذلك التورين taurine، والسيستئين cysteine، وربما التيروزين tyrosine، التي يعتقد أنها تصبح حموضاً أساسية شرطية عند الأطفال الخدّج preterm infants.

جدول رقم 11 ـ تقسيم الحموض الأمينية تبعا لأساسيتها للجسم

الحموض الأمينية الأساسية		الحموض الأمينية الأساسية الشرطية		الحموض الأمينية غير الأساسية	
إيزولوسين	isoleucine	برولين	proline	غلوتامات	glutamate
لوسين	leucine	سيرين	serine	الانين	alanine
ليزين	lysine	أرجينين	arginine	أسبارتات	aspartate
مثيونين	methionine	تيروزين	tyrosine	غلوتامين	glutamine
فينيل الانين	phenylalanine	سيستئين	cysteine		
ثريونين	threonine	تورين	taurine		
تريبتوفان	tryptophan	غليسين	glycine		
فالين	valine				
هستيدين	histidine				

وظائف البروتينات

من أهم وظائف البروتين في جسم الإنسان البناء والمحافظة على أنسجة الجسم وتجديدها. وبالرغم من إمكانية استخدام البروتين كمصدر للطاقة حيث يعطي كل 1 غرام بروتين 4 سعرات حرارية، إلا أنه غالبا ما يستخدم البروتين في البناء وتجديد الأنسجة. ويستخدم البروتين كمصدر للطاقة فقط في حال فاقت الحموض الأمينية في الغذاء احتياجات الجسم منها، أو كان هناك نقص في الكربوهيدرات والدهون، أو في حال عدم توفّر ما يكفي من الحموض الأمينية الأساسية لاحتياجات الجسم. وتلعب البروتينات دوراً أساسياً في تكوين بعض المركبات الأساسية في الجسم مثل الهرمونات hormones، والأنزيمات enzymes ومكوّنات الدم. كما تدخل البروتينات في تكوين الأجسام المضادة antibodies الضرورية لمقاومة الأمراض والعداوي. وللبروتينات دور أساسي أيضاً فى نقل المغذيات من الأمعاء الدقيقة إلى الدم ومن ثم إلى الأنسجة والخلايا. ومثال ذلك الدهون والفيتامينات الذوابة في الدهون والأملاح المعدنية. وتحافظ البروتينات على معادلة سوائل الجسم فتعمل كمنظّم للحموضة، كما تتحكم في توازن الماء وتمنع بالتالي حدوث الوذمة edema.

ولأغلب الحموض الأمينية وظيفة خاصة في الجسم. فالتريبتوفان مثلاً هو طليعة لفيتامين النياسين وللموصل العصبي السيروتونين serotonin. كما أن الفينيل ألانين هو مولد للتيروزين الذي يؤدي إلى تكوين هرمون الثيروكسين thyroxine والابينفرين epinephrine، والهستادين الضروري لتصنيع الهستامين histamine.

هضم وامتصاص البروتينات

يبدأ هضم البروتينات في المعدة بواسطة أنزيم الببسين النَشِط active pepsin (يقوم حمض الهيدروكلوريك HCl بتحويل الببسينوجين غير النشط إلى ببسين نشط) حيث يتم تحلل جزئي للبروتين إلى وحدات أصغر أو إلى حموض أمينية. وفي الأمعاء الدقيقة يتم هضم البروتينات بواسطة أنزيم التربسين البنكرياسي pancreatic trypsin النشط لإعطاء ثنائي الببتيدات. ويتم الهضم النهائي للبروتين إلى حموض أمينية بواسطة أنزيمات الببتيداز peptidases التي يفرزها الغشاء المبطن للأمعاء الدقيقة. ويتم امتصاص الحموض الأمينية وثنائي أو ثلاثي الببتيدات الناتجة عن عملية الهضم بواسطة النقل الفعّال active transport وتنقل إلى الكبد عن طريق الوريد البابي portal vein حيث يتم تصنيعها إلى بروتينات البلازما وينقل الباقي عن طريق جهاز الدوران إلى الخلايا للإيفاء باحتياجاتها.

التوازن النتروجيني Nitrogen balance

بما أن كل البروتينات تحتوي على 16% نتروجين، فإنه يمكن معرفة كمية البروتين إذا عرفت كمية النتروجين، وذلك بضرب محتوى النتروجين في 6.25. ويكون الجسم في توازن نتروجيني إذا كان مأخوذ النتروجين في الغذاء يساوي النتروجين المفرز عبر البول. ويحدث التوازن النتروجيني الموجب positive nitrogen balance عندما يكون المتناول من النتروجين أكثر من كميته المفرزة عبر البول، ويحدث ذلك في حالات النمو (عند الأطفال والمراهقين)، وأثناء الحمل، وفي حالات النقاهة، وفي الرياضة. أما حالات التوازن النتروجيني السالب negative nitrogen balance، فتحدث عندما يكون المتناول من النتروجين أقل من كميته المفرزة، ويحدث وذلك في حالات الإصابة، والحروق، والضغط العصبي، وعند الأشخاص الذين لا يتحركون.

نوعية البروتين Protein quality

تُحدَّد قيمة البروتين بنوعية ونسب الحموض الأمينية الأساسية في البروتين. وتصنَّف البروتينات تبعاً لقدرتها على الحفاظ على الحياة ودعم عملية النمو إلى:

1 ـ **بروتينات تامّة** complete proteins (أو بروتين ذو قيمة بيولوجية عالية protein of high biological value)، وهي البروتينات التي تحتوي على كل الحموض الأمينية الأساسية بنسب تساعد على النمو والحفاظ على الحياة وتكون من مصادر حيوانية (ما عدا الجيلاتين) مثل اللبن والبيض واللحم.

2 ـ **بروتينات شبه تامّة** partially complete proteins (بروتين ذو قيمة بيولوجية منخفضة protein of low biological value)، وهي البروتينات التي تحتوي على كميات محدودة من أحد الحموض الأمينية الأساسية ونتيجة لذلك تكون قادرة على الحفاظ على الحياة لكنها لا تساعد على النمو. ومن أمثلة هذه البروتينات البروتين النباتي، مثل الحبوب التي تحتوي على كميات محدودة من الليزين lysine، أما البقول والمكسرات فتحتوي على كميات محدودة من الحموض الأمينية التي يدخل في تركيبها الكبريت، مثل الميثيونين methionine. ويسمى الحمض الأميني الموجود في كميات صغيرة بالنسبة للكمية المحتاج إليها في النمو "بالحمض الأميني المحدود limiting-amino acid". ويساعد تناول الحبوب والبقول معاً في إنتاج خليط كاف لتصنيع البروتين في الجسم.

3 ـ **بروتينات ناقصة** incomplete protein، وهي التي تفتقد إلى أحد الحموض الأمينية الأساسية ولذلك لا تحافظ على الحياة أو النمو، ومن أمثلتها بروتين الذرة.

وتقيَّم نوعية البروتين بالطرق البيولوجية والطرق الكيميائية. ومن الطرق البيولوجية القيمة البيولوجية biological value، ونسبة فعالية البروتين protein efficiency ratio، والانتفاع الصافي من البروتين net protein utilization. أما الطرق الكيميائية فهي حرز الحمض الأميني amino acid score.

المصادر الغذائية للبروتين

تعود المصادر الغذائية للبروتينات إلى مصادر حيوانية، مثل اللحوم والدواجن والأسماك والبيض واللبن ومنتجاته، أو إلى مصادر نباتية مثل الحبوب، والبقول والمكسرات. وكما أوضحنا سابقاً، تعتبر المصادر الحيوانية للبروتين أفضل من مصادره النباتية، لأنها تتناسب مع الاحتياجات الغذائية للإنسان بخصوص الحموض الأمينية الأساسية، رغم أنها الأغلى ثمناً. ومع ذلك، يمكن تخطيط غذاء يحتوي على بروتين ذي قيمة بيولوجية عالية باستخدام أطعمة من مصادر نباتية فقط.

المخصَّصات الغذائية الموصى بها

وفقاً للمخصَّصات الغذائية الموصى بها Recommended Dietary Allowances، فإن 0.8 غرام من البروتين لكل كيلوغرام من وزن الجسم بالنسبة للبالغين الإناث والذكور تكون كافية لتعويض الاحتياجات. وترتفع هذه النسبة في الأطفال إلى 1.0-2.2 غرام/كيلوغرام من وزن الجسم، والناشئة 0.9-1.0غرام/كيلوغرام من وزن الجسم [3]. ويزيد أيضاً مأخوذ البروتين بالنسبة للحوامل والمرضعات وكذلك للأشخاص خلال فترات النقاهة. ويوصى بأن يمثل البروتين حوالي 10-15% من الطاقة الكلية، وأن يشكل البروتين الحيواني حوالي ثلث الكمية الموصى بها. ويبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للبروتين بالنسبة للأعمار المختلفة.

عوز البروتين Protein deficiency

يؤدي عوز البروتين والطاقة protein-energy deficiency إلى مجموعة من الأعراض السريرية تتمثل في أقصى صورها بالسَغَل marasmus عندما يكون العوز أساسا في الطاقة، أو بالكواشركور Kwashiorkor عندما يكون العوز أساسا في البروتين، أو سغل كواشركور marasmic kwashiorkor عندما يكون النقص في البروتين والطاقة معاً. وبالرغم من أن سوء التغذية بالبروتين والطاقة protein-energy malnutrition (PEM) منتشر في كل أنحاء العالم ويمكن أن يصيب جميع الأعمار، إلا أنه أكثر انتشارا بين الأطفال وخصوصاً الذين يعيشون في المجتمعات الفقيرة [15]. والصور الأخرى الأكثر انتشاراً لسوء التغذية بالبروتين والطاقة هي التقزُّم أو تعوّق النموّ stunting والضمور wasting ونقص الوزن underweight.

الماء Water

الماء عنصر غذائي ضروري للإنسان حيث إنه مكوّن أساسي لكل أنسجة الجسم، كما أنه أكبر مكون في الجسم حيث يشغل في المتوسط حوالي 60% من وزن جسم الانسان البالغ. ولكن هذه النسبة تختلف بين الأفراد تبعا لحجم الكتلة العضلية والنسيج الدهني. وتقل نسبة ماء الجسم الكلية مع التقدّم في السن، وتكون مرتفعة عند الأشخاص الرياضيين.

وظائف الماء

للماء وظائف أساسية في الجسم، فهو مذيب مهم تذوب فيه العديد من المواد المتاحة لوظائف الخلية. وهو ضروري لعمليات الهضم والامتصاص والاستقلاب، وإخراج نواتج الهضم والفضلات التي لم تهضم. كما أنه ضروري لتركيب الجهاز الدموي ولوظائفه. ويعمل الماء كوسيط في نقل المغذّيات إلى كل أنحاء الجسم، ويحافظ على التركيب الكيميائي والشكلي للسوائل داخل الخلية وخارجها. وللماء دور مباشر في الحفاظ على درجة حرارة الجسم، وهو ضروري للنمو لأنه يشكل جزءاً مهماً من الخلايا. ويمكن أن يشكل الماء مصدراً هاماً لبعض المعادن مثل الفلور والزنك والنحاس. ويؤدي فقدان 20% من ماء الجسم إلى الموت، أما فقدان 10% منه فيؤدي إلى اختلال خطير في الوظائف.

المصادر

المصادر الرئيسية للماء في جسم الإنسان هي السوائل والمشروبات. ويشكل الماء الموجود في الأغذية المصدر الأساسي، يليه الماء الناتج عن الاستقلاب water of metabolism. ولمعادلة التوازن في مأخوذ الماء وللمحافظة على توازن السوائل، يخرج الماء من الجسم بواسطة الكليتين على هيئة بول urine، ومن خلال الجلد عن طريق العرق perspiration والنتح transpiration، وعبر التنفس (هواء الزفير) expiration، وكذلك الهضم والتبرّز. ويبين الجدول رقم (12) توازن الماء في الجسم [16].

الاحتياجات الغذائية للماء

تقدر الاحتياجات اليومية للماء تحت الظروف الطبيعية وتبعاً للمقادير الموصى بها من الطاقة بحوالي 1 غرام لكل كيلوكالوري عند الكبار، و1.5 غرام لكل كيلو كالوري لدى الأطفال، وذلك يعادل حوالي 35 غرام/كيلوغرام من وزن الجسم للكبار، و50-60 غرام/كيلوغرام من وزن الجسم للأطفال، و150 غرام/كيلوغرام من وزن الجسم للأطفال الرضع.

الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات مركبات عضوية يحتاج إليها الجسم بكميات قليلة جداً حيث إنها ضرورية للصحة والاستقلاب، ولكن الجسم لا يستطيع تصنيعها بالكميات الكافية لاحتياجاته،

جدول رقم 12ـ توازن الماء في الجسم

	ماخوذ الماء (مليلتر)
السوائل	1,400
ماء الاغذية	700
ماء الناتج عن الاكسدة الخلوية للغذاء	200
المجموع	2,300
	الماء الخارج في درجة الحرارة الطبيعية
البول	1,400
ماء البراز	100
التعرق والنتح (الجلد)	450
التنفس	350
المجموع	2,300

لذلك يتحتم الحصول عليها من الغذاء. وتصنف الفيتامينات إلى مجموعتين تبعاً لقابلية الذوبان التي تحدد درجة ثباتها، ومصادرها الغذائية، وتوزيعها في سوائل الجسم وتخزين الأنسجة لها. وهاتان المجموعتان هما:

الفيتامينات الذوابة في الدهون fat-soluble vitamins، وتشمل فيتامين A، وفيتامين D، وفيتامين E، وفيتامين K.

الفيتامينات الذوابة في الماء water-soluble vitamins، وتشمل مجموعة فيتامين B المركب: الثيامين (B_1)، الريبوفلافين (B_2)، والنياسين، وحمض البانتوثينيك، والبيوتين، والبيريدوكسين (B_6)، وحمض الفوليك، وفيتامين B_{12}، وفيتامين C، ويبين الجدول رقم (13) أهم الخواص العامة للمجموعتين [2].

جدول رقم 13 ـ الخواص العامة للفيتامينات الذوابة في الدهون والذوابة في الماء

الفيتامينات الذوابة في الدهون	الفيتامينات الذوابة في الماء
تذوب في الدهون ومذيبات الدهون	تذوب في الماء
تفرز كميات صغيرة منها في حموض الصفراء	تفرز في البول
تمتص إلى الجهاز اللمفاوي	تمتص إلى الدم عن طريق الوريد البابي
تخزن في الجسم عند زيادة المأخوذ	تخزن قليلا عند زيادة المأخوذ
تناولها يوميا ليس ضرورياً	لابد من تناولها في الغذاء يومياً
لها اشكال طليعية	ليس لها عادة اشكال طليعية
تحتوي فقط على الكربون والاكسجين والهيدروجين	تحتوي إلى جانب الكربون والاكسجين والهيدروجين على عناصر مثل الكوبالت أو الكبريت.
تحتاج إليها الكائنات المعقدة	تحتاج إليها الكائنات البسيطة والمعقدة
تظهر أعراض العَوَز ببطء	تظهر أعراض العَوَز سريعا
تحدث أعراض التسمّم في بعضها عند الإفراط في تناولها	لا تحدث أعراض التسمّم إلا عند تناولها بكميات كبيرة جداً

وهناك بعض العوامل التي تؤثر في الاستفادة من الفيتامينات، وهي:

1 ـ **التوافر availabilitv**: لا يحدث امتصاص للفيتامينات الذوابة في الدهون إذا كان هناك خلل في هضم الدهون، وكذلك لا يمتص النياسين الموجود في الحبوب، مثل الذرة، لأنه يوجد فيها بصورة مقيدة.

2 ـ **مضادات الفيتامينات antivitamins**: وتوجد هذه المضادات في بعض الأطعمة الطبيعية، فمثلاً يؤدي وجود أنزيم الثيامينيز thiaminase في الأسماك إلى تكسير الثيامين عند تناول الأسماك بدون طبخ، لذا فإن طهيها يجعل هذا الأنزيم بدون فعاليّة.

3 ـ **طلائع الفيتامينات provitamins**: تسمى المواد الغذائية التي لها القدرة على التحول إلى فيتامينات في جسم الإنسان طلائع الفيتامينات، ومثال ذلك الكاروتينات carotenoids، وهي طليعة الفيتامين A، وأيضا الحمض الأميني تريبتوفان tryptophan الذي يتحول إلى فيتامين النياسين (60 مليغراما من التريبتوفان يعطي 1 مليغرام نياسين)، وكذلك فيتامين D الذي يتكون تحت الجلد بتأثير أشعة الشمس من أحد مشتقات الكولستيرول.

4 ـ **الاصطناع الحيوي في الأمعاء biosynthesis in the gut**: تقوم البكتيريا الطبيعية الموجودة في الأمعاء بتصنيع كميات هامة من بعض الفيتامينات مثل فيتامين K، والنياسين، والريبوفلافين، وفيتامين B_{12}، وحمض الفوليك.

5 ـ **التآثر مع المغذّيات interaction with nutrients**: تزداد الحاجة للفيتامين إذا زاد المتناوَل الغذائي من العنصر الذي يحتاج إلى هذا الفيتامين في الاستقلاب. فمثلاً تزداد احتياجات فيتامين E عندما يزداد المتناوَل من الدهون العديدة اللاتشبُّع polyunsaturated fats. كما تزداد احتياجات الفيتامين B_6 عندما يزداد المتناوَل من البروتين، وتزداد احتياجات الثيامين عندما يزيد المتناوَل من الكربوهيدرات.

أولاً: الفيتامينات الذوابة في الدهون Fat-soluble vitamins

هناك أربعة فيتامينات تذوب في الدهون لكنها تختلف عن بعضها بعضاً من حيث المصادر الغذائية ودور كلّ منها في عملية الاستقلاب الغذائي.

الفيتامين A

وهو أول الفيتامينات المكتشفة. اكتشف عام 1915، وتم عزله عام 1937، ثم تصنيعه عام 1946. والرتينول retinol هو الصورة الحيوية الفعالة للفيتامين A ويوجد فقط في

الأغذية ذات المصدر الحيواني. أما النباتات فهي غنية بالأشكال الطليعية للفيتامين A مثل الكاروتينات carotenoids، وأكثرها أهمية البيتاكاروتين β-carotene، الذي يعطي الجزء الواحد منه جزئين من الفيتامين A (رتينول) إلا أن نشاطه الحيوي أقل، لأن كل 6 ميكروغرامات من البيتاكاروتين تعادل 1 ميكروغرام من الرتينول. ويرجع ذلك إلى الامتصاص الذي يعتمد على نوعية الدهون ومقدارها في الغذاء. وكان الفيتامين A حتى عام 1967 يُقدَّر باستخدام الوحدات الدولية ثم أصبح يقدَّر بمكافئ الرتينول بناء على توصيات منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO). وفيما يلي كيفية تحويل الفيتامين A إلى مكافئ الرتينول:

1مكافئ رتينول (RE) = 3.3 وحدة دولية رتينول

= 1 ميكروغرام رتينول

= 6 ميكروغرامات بيتا كاروتين

= 12 ميكروغراما من الكاروتينات

وظائف الفيتامين A

يلعب الفيتامين A أدواراً أساسية في:

1 ـ **الإبصار** vision، وخاصة الإبصار في الظلام، لأنه مكون أساسي للخضاب الملون الموجود في الشبكية.

2 ـ **النمو** growth، يحفِّز نمو النسيج العضلي والأنسجة الليفية. ويحدث فشل النمو growth failure قبل ظهور أعراض نقص فيتامين A ما عدا عَرَض العَشَاوة night blindness.

3 ـ **الخلايا الظهارية** epithelial cells، يدخل الفيتامين A في بناء والحفاظ على سلامة وصحة الخلايا البطانية والظهارية endothelial and epithelial cells للعين والجلد والقناة الهضمية والتنفسية والبولية والتناسلية.

4 ـ **نمو العظام** bone development، الفيتامين A ضروري لنمو العظم الطبيعي وله دور في تمايز خلايا العظم cell dierentiation، وهو ضروري أيضاً لتكوين الأسنان.

5 ـ **مضاد للتأكسد** antioxidant، أوضحت بعض الدراسات أن هناك علاقة عكسية بين المتناول الغذائي لفيتامين A والكاروتينات وحدوث بعض أنواع السرطان وكذلك أمراض القلب من خلال تأثيرها المضاد للأكسدة [17-19].

6 ـ مضاد للعدوى anti-infective. أوضحت الدراسات أن فيتامين A يقلل من خطورة التعرض للعدوى، وذلك من خلال دوره في تمايز الخلايا cell differentiation، وخاصة خلايا السطوح الظهارية والمناعية [20].

مصادر الفيتامين A الغذائية

يوجد الفيتامين A الفعال في الأغذية المستمدة من مصادر حيوانية، مثل الكبد والكليتين والسمن والزبد وصفار البيض والجبن واللبن. وهو يوجد في مستويات علاجية في زيت كبد الحوت. وفي المصادر النباتية يوجد على هيئة بيتا كاروتين β-carotene في الأوراق الخضراء مثل السبانخ، والملوخية والخس والبقدونس وغيرها، كما يوجد في الخضروات الملونة مثل الجزر والبطاطا الحمراء، والفواكه مثل المشمش والشمام والمانجو.

التوصيات الغذائية

يبيِّن الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية لفيتامين A، باستخدام مكافئ الرتينول لكافة الفئات العمرية.

عَوَز الفيتامين A Vitamin A deficiency

يؤدي عَوَز الفيتامين A، الذي يحدث غالبا عند الأطفال في سن ما قبل المدرسة، بحدوث العشاوة night blindness، وهي عدم القدرة على الرؤية في الضوء الخافت والعَرَض الأول لهذا العوز. كما يؤدي العَوَز إلى حدوث تغيرات سريرية في العين منها جفاف الملتحمة مع حدوث بقع بيتو bitot's spots، ثم جفاف الملتحمة xerophthalmia. ويتسبَّب عدم العلاج في النهاية بالعمى، وعادة يسبق جفاف القرنية إصابة الطفل بالعدوى مثل الحصبة [21]. كما يؤدي عَوَز فيتامين A إلى فرط التقران hyperkeratosis في الجلد الذي يصبح جافاً وخشناً مع نشوء نتوءات صغيرة قرب مناطق نمو الشعر.

الإفراط في الفيتامين A وسمِّيته Toxicity

يؤدي الإفراط في تناول الفيتامين hypervitaminosis A إلى حالة من التسمّم وهذا أمر لا يحدث عن طريق تناول الطعام وإنما من خلال تناول كمية كبيرة من حبوب الفيتامين A. وتشمل الأعراض الغثيان والقيء والارهاق والضعف والصداع وفقدان الشهية.

الفيتامين Cholecalciferol D

عُرِف الفيتامين D عام 1918 كمادة مضادة للكساح أو الرخد anti-rachitic، حيث استخدم زيت كبد الحوت لمعالجة الكساح. وقد تم تصنيعه عام 1937. وكان قد اكتشف عام 1922 وجود مواد طليعية للفيتامين D في الأنسجة الحيوانية والنباتية على هيئة 7 ـ ديهيدرو كولستيرول وأرغوستيرول، اللذين يمكن أن يتحولا بواسطة الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet rays إلى كوليكالسيفرول (فيتامين D_3 cholecalciferol) وأرغوكالسيفرول (فيتامين D_3) على التوالي.

وظائف الفيتامين D

يتكون الفيتامين D الفعال (الكالسيتريول calcitriol) في الكلى ثم يُنقل بواسطة الدم إلى الأمعاء والعظم والكلى حيث يحفز مجموعة من العمليات لزيادة توافر الكالسيوم والفوسفور لتكوين العظام. وقد شُبِّه الفيتامين D بالهرمون لأنه يتكون في مكان ويعمل في مكان آخر.

ـ في الأمعاء يساعد الكالسيتريول على امتصاص الكالسيوم عن طريق تحفيز تصنيع البروتين الرابط للكالسيوم calcium binding protein والبروتين الرابط للفوسفور phosphorus binding protein وكذلك تحفيز تصنيع الفوسفاتاز القلوية alkaline phosphatase.

ـ في العظم يحفِّز الكالسيتريول بالاشتراك مع هرمون الدريقية تحريك وانطلاق الكالسيوم من سطح العظم إلى الدم.

ـ في الكلى يحفِّز الكالسيتريول إعادة امتصاص الكالسيوم والفوسفور من النبيبات الكلوية.

وعندما يزداد مستوى الكالسيوم في الدم، تتوقف الغدة الدريقية عن إفراز الهرمون الذي يحفز إفراز الكالسيتريول من الكلى وتتوقف بالتالي جميع العمليات التي يقوم بها الفيتامين D الفعال والتي تزيد مستوى الكالسيوم والفوسفور في الدم.

وحديثا وجد أن لفيتامين D أدواراً مهمة لبعض أجهزة الجسم الأخرى، مثل الجهاز المناعي. فقد تبيّن أن أمراض المناعة الذاتية autoimmune diseases مثل مرض التصلب المتعدد multiple sclerosis في الجهاز العصبي والتهاب المفاصل الروماتزمي rheumatoid arthritis يمكن علاجها بنجاح عن طريق إعطاء الفيتامين D. كذلك يقوم فيتامين D بتثبيط رفض الجسم لزرع أعضاء transplant rejection فيه [22].

مصادر الفيتامين D

يحصل الجسم على الفيتامين D عن طريق الجلد والغذاء.

الجلد: هو المصدر الأساسي للفيتامين D للإنسان في المناطق الحارة، حيث يتم تحويل 7 ـ ديهيدروكولستيرول الموجود في الطبقة البشروية للجلد epidermal layer بواسطة الأشعة فوق البنفسجية إلى كوليكالسيفرول (D_3) cholecalciferol الفعال، الذي ينقل إلى الكبد حيث تضاف إليه مجموعة هيدروكسيل (OH) ليعطي 25- هيدروكسي كوليكالسيفرول (كالسيديول) 25 - hydroxy cholecalciferol (calcidiol)، الذي ينقل عبر الدم إلى الكلى وتضاف إليه مجموعة ثانية من الهيدروكسيل (OH) ليصبح 1,25- هيدروكسي كوليكالسيفرول (كالسيترول) 1,25- dihydroxy cholecalciferol (calcitriol)، وهو الشكل الهرموني للفيتامين المسؤول عن نشاط الفيتامين حيث تعادل قوته 10 مرات قوة D_3.

الغذاء: وهو المصدر الأساسي لفيتامين D للإنسان في المناطق الباردة التي لا تظهر فيها الشمس إلا لأوقات قليلة. ويشكل البيض والقشدة والزبدة والكبد المصادر الحيوانية للفيتامين D الذي يتواجد فيها بكميات صغيرة ومتنوعة. وأفضل مصدر له هو زيت السمك cod-liver oil. وفي بعض بلدان العالم تُعزَّز الأطعمة مثل اللبن وحبوب الأطفال والخبز بفيتامين D.

التوصيات الغذائية

يبيِّن الجدول رقم (6) المخصَّصات الغذائية الموصى بها من الفيتامين D بالميكروغرام لفئات الأعمار المختلفة، والمعدَّل في عام 1997.

عَوَز الفيتامين D Vitamin D deficiency

يؤدي نقص الفيتامين D في الأطفال إلى الكساح rickets، أما في البالغين وخاصة النساء فيؤدي إلى تَلَيُّن العظام osteomalacia.

فرط الفيتامين D وسمِّيته Toxicity

يمكن أن يحدث تسمّم نتيجة أخذ جرعات زائدة من الفيتامين D، ويكون الرضّع والأطفال أكثر الفئات العمرية عرضة لهذا التسمّم. وتكون الأعراض على هيئة صداع وغثيان، واضطرابات في القناة الهضمية، وقد يسبب أحياناً تأخراً في النمو وتخلفاً عقلياً، وسهولة كسر العظام. وتحدث زيادة التكلس في العظام والكلى والرئتين، وقد يحدث صمم. ويكمن العلاج في إيقاف مصدر الفيتامين.

فيتامين E Tocopherols

تم اكتشاف فيتامين E عام 1922 عندما لوحظ أن العيوب الإنجابية في الفئران يمكن علاجها بمادة مستخلصة من الزيوت النباتية، وقد تم تصنيع هذا الفيتامين عام 1938. ويعزى نشاط الفيتامين E في الأطعمة إلى مركبات تسمى التوكوفيرولات (ألفا، بيتا، غاما، دلتا). وقد عرف الفيتامين E بأنه العامل المضاد للعقم anti-sterility، كما أنه مضاد للتأكسد antioxidant.

وظائف الفيتامين E

يعمل الفيتامين E في الأطعمة كمادة مضادة للتأكسد، حيث يقلل من أكسدة الحموض الدهنية غير المشبعة. وعلى مستوى الخلية يحافظ هذا الفيتامين على الأغشية الخلوية من التلف وذلك عن طريق التخلص من الجذور الحرة free radicals التي تحتوي على الأكسجين المؤيّن، الأمر الذي يحمي الحموض الدهنية غير المشبعة الموجودة في جدار الخلايا من الأكسدة. ونتيجة لهذا، اعتبر الفيتامين E مفيداً فقد، اقترح أن لفيتامين E فائدة في منع الشيخوخة والسرطان [12]، وتحفيز الجهاز المناعي [24]. يساعد الفيتامين E أيضاً في تعزيز الفيتامين A في الأمعاء عن طريق منع أكسدته.

وقد نُسبت أدوار أخرى للفيتامين E نتيجة الأبحاث على الحيوانات، ومنها قدرته على منع الإصابة بأمراض القلب والتهابات الأوردة والحمى الروماتزمية والضمور واضطرابات الدورة الشهرية عند النساء، وتسمّم الحمل، والإجهاض المتكرر، والعقم وأمراض الثدي الكيسية fibrocystic breast diseases، لكن لم يثبت أي منها.

المصادر الغذائية لفيتامين E

ينتشر الفيتامين E في الأغذية، ومن أغنى مصادره الغذائية زيوت البذور وخاصة زيت أجنة القمح، وزيت الذرة، وزيت عبّاد الشمس، وزيت فول الصويا وغيرها. وهو يوجد بنسب أقل في اللبن والفواكه والخضروات والدهون الحيوانية.

التوصيات الغذائية

يبيّن الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمخصصات من الفيتامين E، باستخدام ملّيغرام من مكافئ التوكوفيرول بالنسبة للأعمار المختلفة.

عَوَز الفيتامين E Vitamin E deficiency

إن عوز هذا الفيتامين غير شائع نتيجة توافره في معظم الأغذية، وإذا حدث العَوَز يكون

نتيجة لخلل في امتصاص الدهون ونقلها. ويحدث العَوَز في المواليد الناقصي الوزن (أقل من 1.5 كيلوغرام)

الفيتامين K

عرف فيتامين K عام 1935 بأنه العامل المضاد للنزيف anti-hemorrhagic factor. وقد تم تحضيره في المختبر عام 1939. ويوجد فيتامين K في ثلاثة أشكال تنتمي إلى مركبات كيميائية تعرف بالكينونات quinones. وهي فيتامين K_1 (فيلوكينون phylloquinone) ويوجد في النباتات الخضراء، وفيتامين K_2 (ميناكينون menaquinone) ويتكون نتيجة نشاط البكتيريا في القناة الهضمية. وفيتامين K_3 (مينادیون menadione) ويصنع في المختبر وهو ذوّاب في الدهون.

وظائف الفيتامين K

تتمثل الوظيفة الأساسية لفيتامين K في الدور الذي يلعبه في عملية تجلط (تخثر) الدم، وهي عملية لازمة لوقف النزيف. ويعمل فيتامين K في الكبد كعامل مساعد أو متمم cofactor لتصنيع أربعة بروتينات تسهم في عملية تخثر الدم وهي البروثرومبين (عامل2) prothrombin (factor 2)، والعوامل factors VII, IX, X 10, 9, 7 [25].

مصادر الفيتامين K

يحصل الإنسان على كميات كافية من الفيتامين K من الخضروات الورقية الخضراء وخاصة الكرنب والخس والسبانخ والبروكولي. كما يوجد بكميات صغيرة في الخضروات الأخرى والفواكه والبيض واللحم، ومنتجات الألبان. والمصدر الآخر لفيتامين K هو تصنيعه في الأمعاء بواسطة البكتيريا المعوية.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول (6) التوصيات بالنسبة للمخصّصات الغذائية لفيتامين K بالميكروغرام لكافة الفئات العمرية.

عَوَز الفيتامين K Vitamin K deficiency

نادراً ما يحدث عَوَز الفيتامين K، لكنه عندما يحدث يكون نتيجة لخلل في امتصاص الدهون، أو أمراض الكبد، أو استعمال المضادات الحيوية، أو استعمال أملاح الساليسيلات الموجودة في مضادات الالتهاب لفترة طويلة مما يؤدي إلى القضاء على البكتيريا المعوية. ويكون الرضع الحديثو الولادة أكثر عرضة لنقص البروثرومبين في

الأيام الأولى نتيجة لضعف انتقال فيتامين K من الأم إلى الطفل عبر المشيمة وكذلك لعدم وجود بكتيريا في أمعائهم بعد.

ثانياً: الفيتامينات الذوابة في الماء Water-soluble vitamins

يمكن تقسيم الفيتامينات الذوابة في الماء إلى مجموعتين، تبعاً للدور الرئيسي الذي تلعبه كتميم أنزيمي coenzyme:

أ ـ المجموعة الأولى: وهي الفيتامينات التي لها دور في استقلاب الطاقة energy metabolism، وتضم الثيامين (B_1)، والريبوفلافين (B_2)، والنياسين، وحمض البانتوثينيك، والبيوتين.

ب ـ المجموعة الثانية: وهي الفيتامينات التي لها دور مباشر أو غير مباشر في تكوين الدم ويطلق عليها اسم الفيتامينات المانعة لفقر الدم anemia-preventing vitamins، وتضم فيتامين B_6، وحمض الفوليك، وفيتامين B_{12}، وفيتامين C.

أ ـ الفيتامينات التي لها دور في استقلاب الطاقة

فيتامين B_1؛ الثيامين Thiamin

عرف الفيتامين B_1 بدوره في الوقاية من مرض البري بري. وقد وصف هذا المرض في الصين عام 2600 قبل الميلاد. وفي أواخر القرن التاسع عشر اكتشف أن أكل الحبوب الكاملة يقي من التهاب الأعصاب neuritis. وقد تم اكتشاف هذا الفيتامين في عام 1921، وتم تصنيعه في المختبر عام 1937. وهو يحتوي على عنصر الكبريت ويعرف بأنه العامل المضاد لالتهاب الأعصاب. وللثيامين وظائف مهمة في توليد الطاقة وتصنيع السكاكر الخماسية pentoses اللازمة للحموض النووية الدنا والرنا DNA، RNA.

وظائف الثيامين

الثيامين جزء من أنزيم بيروفوسفات الثيامين thiamine pyrophosphate (TPP) أو ترايفوسفات triphosphate. ويقوم بيروفوسفات الثيامين بدوره كتميم لأنزيم حيوي للتنفس الخلوي وإنتاج الطاقة (أنزيم نازع الهيدروجين dehydrogenase). وبالرغم من أن الثيامين ضروري لاستقلاب البروتين والدهون والحموض النووية إلا أنه مرتبط أكثر باستقلاب الكربوهيدرات. كما يقوم بيروفوسفات الثيامين كتميم أنزيم في تحويلة (سبيل) استقلاب السكر الخماسي الفوسفاتي (فوسفات البنتوز) pentose phosphate shunt.

المصادر الغذائية للثيامين

أهم المصادر الغذائية للثيامين هي الحبوب الكاملة، واللحوم، والدواجن، وصفار البيض، والأسماك. وهو يوجد أيضا بكميات مناسبة في الألبان ومنتجاتها والفواكه، والخضروات. أما أغنى المصادر به فهي أجنة القمح وخميرة البيرة. وفي عدد من دول العالم يضاف الثيامين إلى الدقيق الأبيض لإغنائه enrichment نتيجة فقد هذا الفيتامين أثناء عملية الطحن والاستخلاص.

التوصيات الغذائية

وضعت التوصيات الغذائية للثيامين تبعاً للسعرات، بحيث تكون 0.5 ملّيغرام/ 1000 سعر حراري. ويبيِّن الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمخصَّصات من الثيامين مقدرة بالملّيغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدلة عام 1998.

عَوَز الثيامين Thiamin deficiency

يؤدي عَوَز الثيامين إلى مرض البري بري Beriberi. ويكون إما على صورة بربري جاف dry beriberi يصيب الجهاز العصبي ويحدث ضموراً في العضلات، أو على شكل بربري رطب wet beriberi يؤثر على الجهاز الدوراني مع حدوث وذمة وتضخم في القلب.

فيتامين B_2؛ الريبوفلافين Riboflavin

اكتشف فيتامين B_2 عام 1932، وتم تصنيعه عام 1935. يعمل الريبوفلافين كمركب لتميم الأنزيمات ثنائي نوكليوتيد الفلافين والأدنين flavin adenine dinucleotide (FAD) وأحادي نوكليوتيد الفلافين والأدنين flavin adenine mononucleotide (FMN) وهما مكونان ضروريان لإنتاج الطاقة.

وظائف الريبوفلافين

يعمل الريبوفلافين كتميم أنزيم coenzyme في تفاعلات الأكسدة والاختزال في الخلايا ويعمل كحامل للهيدروجين في المتقدّرات mitochondria وبذلك يسهم في انطلاق الطاقة من الكربوهيدرات، والبروتينات، والدهون. كما يدخل في الاستقلاب الغذائي لهذه المغذيات كتميم أنزيم ويعمل على تنشيط الفيتامين B_6 أو البيريدوكسين pyridoxine اللازم لتحويل التريبتوفان إلى نياسين. ومعروف الآن أن الريبوفلافين ضروري للنمو وترميم الأنسجة في كل الكائنات الحية الحيوانية.

المصادر الغذائية للريبوفلافين

يعتبر اللبن ومنتجاته مثل الجبن والزبادي من أهم المصادر الغذائية للريبوفلافين. كما أن الكبد، والكلى، واللحوم، والبيض، والخضروات الورقية الخضراء هي مصادر غنية له. ونظراً لفقد الفيتامين في عمليات الطحن والاستخلاص تعمد بعض الدول في العالم إلى إضافة الريبوفلافين إلى الدقيق والحبوب. وجدير بالذكر أن الفيتامين الموجود في اللبن غير ثابت في ضوء أشعة الشمس الأمر الذي يسبِّب فقد الفيتامين. ويتم تصنيع الريبوفلافين في الأمعاء بواسطة البكتيريا المعوية، لكن من غير الموثوق ما إذا كان يمتصّ بكميات كافية.

التوصيات الغذائية

وضعت التوصيات الغذائية للريبوفلافين تبعاً للسعرات، بحيث تكون 0.6 ملّيغرام/ 1000 سعر حراري. ويبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للريبوفلافين بالملّيغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدلة عام 1998.

عَوَز الريبوفلافين Riboflavin deficiency

لم يعرف حدوث مرض نتيجة لعَوَز الريبوفلافين، ولكن هناك مجموعة من الأعراض التي عادة ما تتصاحب مع نقص بعض المغذيات الأخرى وخاصة مجموعة فيتامين B المركب. ومن الأعراض المبكرة للعَوَز رُهاب الضوء photophobia، وزيادة إفراز الدموع، ونقص في حدّة الأبصار، وحرقة وحك العيون والشفتين واللسان. وهناك بعض العلامات السريرية مثل تشقق صواري الشفتين cheilosis والتهاب زوايا الفم angular stomatitis، وتزايد الأوعية الدموية في الملتحمة [27].

النياسين Niacin

يعرف النياسين بالنيكوتيناميد nicotinamide أو حمض النيكوتينك nicotinic acid. وهو مركب للتميم الأنزيمي coenzyme ثنائي نوكليوتيد الأدينين والنيكوتيناميد nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)، وفوسفات ثنائي نوكليوتيد الأدينين والنيكوتيناميد nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP) في كل الخلايا. وقد عرف النياسين بأنه الفيتامين المانع لمرض البلاغرا pellagra preventing vitamin.

وظائف النياسين

تحتاج كل خلايا الجسم للنياسين. ومثل الثيامين والريبوفلافين، يلعب النياسين دوراً حيوياً في إطلاق الطاقة من المغذيات الرئيسية. والنياسين كتميم إنزيمي ضروري في

عمليات الأكسدة والاختزال التي تدخل في إطلاق الطاقة من الكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات، حيث يعمل كمستقبل للهيدروجين. كما يدخل في تصنيع الغليكوجين، والبروتين، والدهون، والسكاكر الخماسية اللازمة لتصنيع الحموض النووية.

المصادر الغذائية

من المصادر الغذائية الغنية بالنياسين اللحوم، والدواجن، والأسماك، والفول السوداني، والكبد، والبقوليات، واللبن، والبيض والتي تحتوي على الحمض الأميني التريبتوفان الذي يتحول إلى النياسين (60 مليغرام تريبتوفان تعطي 1 مليغرام نياسين). وفي الحبوب يرتبط النياسين بالكربوهيدرات، ما يقلّل من توافره البيولوجي bio-availability ويمنع امتصاصه [28].

التوصيات الغذائية

وضعت التوصيات الغذائية للنياسين تبعاً للسعرات، بحيث تكون 0.6 ملّيغرام مكافئ نياسين/ 1000 سعر حراري. ويبيّن الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للنياسين بالملّيغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدلة عام 1998.

عَوَز النياسين Niacin deficiency

تشمل الأعراض الأولية لعَوَز النياسين ضعف العضلات، وفقدان الشهية، وعسر الهضم، والطفح الجلدي. ويؤدي عوزه الشديد إلى مرض البلاغرا pellagra. وتظهر أعراضه على الجلد على شكل التهابات جلدية dermatitis، وإسهال diarrhea في القناة الهضمية، واكتئاب depression وخَرَف dementia في الجهاز العصبي المركزي، والتي تسبّب الوفاة في النهاية إذا لم تعالج.

حمض البانتوثينيك Pantothenic acid

تم تصنيع حمض البانتوثينيك في عام 1940. وهو يوجد في كل الأنسجة النباتية والحيوانية ومن هنا اشتق اسمه panto ويعني أنه واسع الانتشار.

وظائف حمض البانتوثينيك

يدخل حمض البانتوثينيك في تركيب تميم الأنزيم coenzyme A، ولذلك فهو ضروري وأساسي للاستقلاب الخلوي، وإطلاق الطاقة من الكربوهيدرات والحموض الدهنية. كما يدخل في تصنيع الكولستيرول، والفوسفوليبيدات، والهرمونات، وكذلك الهيموغلوبين hemoglobin.

المصادر الغذائية

أهم المصادر الغذائية لحمض البانتوثينيك صفار البيض، والكبد، والكلى، وخميرة البيرة. كما يوجد بكميات مناسبة في اللحوم، واللبن، والبطاطا، والعسل الأسود.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) المخصَّص الكافي لحمض البانتوثينيك والمعدل عام 1998 بالنسبة للأعمار المختلفة.

عَوَز حمض البانتوثينيك Pantothenic acid deficiency

لم يلاحظ لغاية الآن أي عوز في هذا الفيتامين عند الإنسان وذلك بسبب انتشاره الواسع في كل الأنسجة النباتية والحيوانية.

البيوتين Biotin

لوحظ أن إطعام الفئران كميات كبيرة من بياض البيض النيء يتسبب في حدوث إكزيمة eczema بالجلد وسقوط رموش العينين. كما لوحظ أن هذه الأعراض تختفي عند إضافة صفار البيض. وقد تبيَّن فيما بعد أن هذا العامل الموجود في صفار البيض هو نفسه الموجود في خميرة البيرة، وسمِّي بعد ذلك بالبيوتين. وقد تم تصنيعه في عام 1943.

وظائف البيوتين

يعمل البيوتين كتميم أنزيمي coenzyme في التفاعلات المتعلقة بإضافة أو حذف ثنائي أكسيد الكربون لتكوين مركبات فعالة، وهو بذلك يدخل في تصنيع وأكسدة الحموض الدهنية، واستحداث السُكَّر gluconeogenesis من مصادر غير كربوهيدراتية، وفي تحلل بعض الحموض الأمينية، وتصنيع البورينات purines [29].

المصادر الغذائية

يوجد البيوتين في الكثير من الأغذية مثل الكلى، والكبد، وصفار البيض، وفطر عش الغراب، والفواكه مثل الموز والكريب فروت والبطيخ والفراولة والفول السوداني، والخميرة. ويتم تصنيع البيوتين في الأمعاء بواسطة البكتيريا.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) المخصَّص الكافي للبيوتين والمعدل عام 1998 بالنسبة للأعمار المختلفة.

عَوَز البيوتين Biotin deficiency

يحدث عَوَز البيوتين عند المرضى الذين يتلقون تغذية وريدية كاملة لفترة طويلة وكذلك عند الأطفال ما دون الستة أشهر الخاضعين للتغذية الوريدية. كما يحدث في المرضى الذين يتلقون علاجاً بمضادات الاختلاج anticonvulsant. ويمكن أن يحدث عَوَز البيوتين عندما تتم التغذية بزلال البيض النيء لمدة 24 يوماً، لأنه يحتوي على مادة الأفيدين avidin الذي يتحد مع البيوتين في الأمعاء ويعوق امتصاصه، ويتحلل الأفيدين بالطهو. وتنطوي أعراض عَوَز البيوتين في البالغين على التهاب الجلد وجفاف وسقوط الشعر وفقدان الشهية.

ب ـ الفيتامينات الواقية من فقر الدم Anemia preventing-vitamins

الفولات Folate

الفولات folate أو الفولاسين folacin أسماء لمجموعة من المركبات تشبه كيميائياً وتغذوياً حمض الفوليك folic acid الذي اكتشف أثناء الأبحاث حول العامل الموجود في الكبد والمسؤول عن علاج فقر الدم الخبيث pernicious anemia. وقد اكتشف عام 1931 وجود عامل في الخميرة والكبد يعالج حالات فقر الدم الكبير الأرومات megaloblastic anemia أطلق عليه اسم عامل "ويلز" Wills factor نسبة إلى مكتشفته. وتم تصنيعه عام 1946 وثبت أنه من المغذيات الأساسية. وقد استخلص من الخضروات الورقية الخضراء مثل السبانخ، ولذلك أطلق عليه حمض الفوليك حيث إنه يعني ورقة الشجر.

وظائف الفولات

يعمل حمض الفوليك كتميم أنزيم coenzyme في نقل ذرة كربون واحدة مثل الميثيل (CH_3) من مادة إلى أخرى. ومثال ذلك تكوين الحموض الأمينية مثل الميتيونين methionine، والسيرين serine، وتكوين الكولين choline من مادته الطليعية الإيثانولامين ethanolamine، وتصنيع الحمض الأميني الهستيدين histidine. وكذلك تحويل النياسين إلى الصورة المفرزة في البول ن ـ ميثيل نيكوتيناميد N-methyl-nicotinamide الذي يعتمد على إضافة وحدة الميثيل من حمض الفوليك. ولحمض الفوليك كتميم أنزيمي دور هام في تصنيع بعض المركبات الضرورية مثل البورينات purines والبيريميدينات pyrimidines التي تستخدم لتكوين الحموض النووية DNA & RNA الضرورية لانقسام الخلية. وتبعاً لذلك تكون الفولات ضرورية عندما يكون هناك انقسام سريع للخلايا أثناء فترة النمو، وتكوين كريات الدم الحمراء، وتجديد الخلايا المبطنة للقناة الهضمية. كذلك يحتاج إلى حمض الفوليك في تصنيع

البورفيرين porphyrin من الهيموغلوبين وفي استقلاب الحموض الدهنية الطويلة السلسلة في المخ والحمض الأميني الفينل الانين إلى تيروزين.

المصادر الغذائية

تنتشر الفولات في الأغذية وأفضل مصادرها الكبد، وحبوب اللوبيا والفاصوليا، والخضروات الورقية الطازجة الداكنة الخضرة وخاصة السبانخ والبروكلي. كما أن هناك مصادر جيدة للفولات منها اللحم البقري، البطاطس، الخبز الكامل، والحبوب المجففة.

التوصيات الغذائية

يبيِّن الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للفولات بالميكروغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدَّلة عام 1998.

عَوَز الفولات Folate deficiency

يؤدي عَوَز الفولات إلى تغييرات في الاستقلاب الغذائي للحموض النووية، الأمر الذي يؤدي إلى ضعف النمو، وفقر الدم الكبير الأرومات megaloblastic anemia، والتهاب اللسان glossitis، واضطرابات في القناة الهضمية. ويتعرَّض بعض الأشخاص لعَوَز الفولات نتيجة لزيادة الاحتياجات إليها، مثل الأمهات الحوامل، أو قلة المتناوَل الغذائي كما يحصل مع مدمني الخمور وكبار السن، أو نتيجة التداخل مع الامتصاص أو الاستفادة من الفولات، كما في حالات استعمال حبوب منع الحمل أو الأدوية المضادة للأورام. ويؤدي نقص الفولات في بداية الحمل إلى عاهات بالعمود الفقري للوليد (الشوك المشقوق spina bifida) [30].

فيتامين B_{12}؛ الكوبالامين Cobalamin

اكتشف في عام 1926 أنه يمكن علاج حالات فقر الدم الخبيث إذا أعطي المريض كميات كبيرة من الكبدة النيِّئة. وفي نفس العام سجل عالم يدعى كاستل Castle أن هناك عاملاً خارجياً extrinsic factor يوجد في الغذاء وخاصة في الكبد، وعاملاً داخلياً intrinsic factor يوجد في الإفراز الطبيعي للمعدة. وهذان العاملان ضروريان لمنع حالات فقر الدم الخبيث ولعلاجها. وقد اعتبر بعد ذلك أن العامل الخارجي هو العامل المضاد لفقر الدم الخبيث وأن العامل الداخلي الذي يفرزه الغشاء المبطن للمعدة ضروري للامتصاص. وفي عام 1948 تم اكتشاف فيتامين B_{12} من خلاصة الكبد ووجد أنه يحتوي على ملح الكوبالت cobalt فسمِّي بالكوبالامين cobalamin. وفي عام 1973 تم تصنيع B_{12}.

وظائف الفيتامين B_{12}

يدخل B_{12} كتميم أنزيم coenzyme في تصنيع الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين DNA وهو لذلك يدخل في انقسام الخلايا. والكوبالامين ضروري للاستقلاب الغذائي لكل الخلايا خاصة خلايا القناة الهضمية، والنخاع العظمي (النقي) والنسيج العصبي. ويشارك الكوبالامين كتميم أنزيم مع حمض الفوليك والكولين والميتيونين في نقل مجموعة الميثيل (CH3) لتصنيع الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين DNA، والبيورينات purines، والبيريميدينات pyrimidines، وبذلك يدخل في انقسام الخلايا وخاصة الخلايا السريعة الانقسام، كما في خلايا النخاع العظمي (النقي)، وفي النسيج العصبي. وبذلك يكون ضرورياً للنمو الطبيعي والمحافظة على صحة الأنسجة العصبية وتكوين الدم الطبيعي. وفيتامين B_{12} ضروري لعزل مجموعة الميثيل من ميثيل الفولات methylfolate ليكون في الصورة اللازمة للقيام بوظائفه ألا وهي تصنيع الحموض النووية [31].

المصادر الغذائية

يوجد الفيتامين B_{12} فقط في الأغذية الحيوانية مثل الكبد، والكلى، واللبن، والبيض، والأسماك، والجبن، واللحم. وفي الأغذية النباتية، يكون مصدر الفيتامين B_{12} إما بالتلوث بالبكتيريا أو بما تصنعه البكتيريا في العقد الموجودة في جذور البقوليات ولكن بكميات ضئيلة جداً. وتقوم الأمعاء الغليظة (القولون) للإنسان بتصنيع فيتامين B_{12}، ولكن لا يتم امتصاصه، حيث إن امتصاص فيتامين B_{12} يتم في الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة (الدقاق) ileum.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية لفيتامين B_{12}، مقدرة بالميكروغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدلة عام 1998.

عَوَز الفيتامين B_{12}

يؤدي عَوَز فيتامين B_{12} إلى فقر الدم الضخم الأرومات megaloblastic anemia، والتهاب اللسان glossitis، ونقص الحيوانات المنوية hypospermia، وأعراض في الجهاز العصبي مثل ضعف العضلات وتنميل الأطراف. وتحدث حالات فقر الدم أو الانيميا الخبيثة (الوبيلة) نتيجة غياب العامل الداخلي intrinsic factor بسبب عوامل وراثية، أو إدمان الكحول، أو عَوَز الحديد، أو اختلال وظيفي في الغدة الدرقية. وكذلك ينشأ هذا العوز نتيجة الاحتشار بالدودة الشريطية tapeworm. وحديثاً وجد أن نقص الفيتامين B_{12} يمكن أن يمثل عامل خطورة في الإصابة بسرطان الثدي [32].

فيتامين B_6؛ البيريدوكسين Pyridoxine

يوجد فيتامين B_6 في ثلاثة أشكال، هي البيريدوكسول pyridoxol، والبيريدوكسال pyridoxal والبيريدوكسامين pyridoxamine. وتوجد الصورة النشطة على هيئة الفوسفات. وقد تم اكتشافه عام 1934، وتم تصنيعه في المختبر عام 1939. ويختلف فيتامين B_6 عن باقي عائلة الفيتامين B في كونه يدخل أساسا في عملية الاستقلاب الغذائي للبروتين.

وظائف الفيتامين B_6

يدخل الفيتامين B_6 كتميم أنزيمات coenzymes في عمليات تصنيع الحموض الأمينية غير الأساسية بنقل الأمين transaminations والتفاعلات المتعلقة بالاستقلاب الغذائي للبروتين. وهو ضروري أيضاً لتكوين مولد الهيم في الهيموغلوبين. والفيتامين B_6 أساسي لتحويل الحمض الأميني التريبتوفان إلى نياسين. كما أنه ييسر توليد الطاقة من التريبتوفان في الكبد والعضلات، ويدخل أيضا في تحويل حمض اللينولئيك linoleic acid إلى حمض الأراكيدونيك arachidonic acid. ويعمل الفيتامين B_6 على تنظيم التدفّعات العصبية nerve impulses، ويساعد في تكوين السفينولبيدات sphinolipids التي تدخل في الغمد النخاعيني myelin sheath الذي يحيط بالخلايا العصبية.

المصادر الغذائية

أهم مصادر الفيتامين B_6 هي الخميرة، وأجنة القمح، والكبد، والحبوب الكاملة، والبقوليات، والبطاطس، والموز. أما الحليب، والبيض، والخضروات، والفواكه فتحتوي على نسب صغيرة منه.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية لفيتامين B_6 بالمليغرام بالنسبة للأعمار المختلفة، والمعدّلة عام 1998.

عَوَز فيتامين B_6

عَوَز فيتامين B_6 نادر الحدوث، لكن هناك بعض الأدوية التي تتداخل مع الاستقلاب الغذائي لفيتامين B_6 أو عمله، مثل الأدوية التي تستخدم في علاج السل الرئوي tuberculosis، أو حبوب منع الحمل. وفي البالغين يؤدي عَوَز الفيتامين B_6 إلى حدوث فقر الدم المتميز بصغر الكريات وانخفاض مستوى الهيموغلوبين hypochromic microcytic anemia [33].

فيتامين C؛ حمض الأسكوربيك Ascorbic acid

عرف الفيتامين C (حمض الأسكوربيك) بأنه مغذ ضروري للوقاية من مرض الأسقربوط (البَتَع) scurvy، وقد عرف منذ القرن السابع عشر الميلادي بأن علاج هذا المرض يمكن أن يتم عن طريق تناول الفواكه الحمضية (الموالح) مثل الليمون، والبرتقال، واليوسفي. وقد تم اكتشاف الفيتامين C عام 1932، وتم تصنيعه في المختبر عام 1932.

وظائف الفيتامين C

للفيتامين C وظائف عديدة إما كتميم أنزيم coenzyme أو كعامل مساعد cofactor. والوظيفة المعروفة للفيتامين C هي تكوين الكولاجين (البروتين الموجود في النسيج الضام، والجلد، والغضروف، والأسنان، والجروح، والهيكل البنائي للعظام) في النسيج الضام collagen in connective tissue عن طريق المشاركة في تصنيع الهيدروكسي برولين hydroxyproline والهيدروكسي الليزين hydroxylysine من الحمضين الأمينيين البرولين والليزين، الضروريين لألياف الكولاجين. ويحدث التئام سريع للجروح في حالة وجود الفيتامين C. ويدخل الفيتامين C أيضاً في تكوين عاج الأسنان dentin، مما يمنح الأسنان وقاية ضد التَسَوُّس والإصابة. وكذلك يدخل هذا الفيتامين بطريق غير مباشر في وظائف الغدة الدرقية والغدة الكظرية، حيث إنه ضروري في الاستقلاب الغذائي للحمض الأميني التيروزين tyrosine المادة الطليعية لهرمون الثيروكسين thyroxine وهرمون النورابينفرين norepinephrine، كما أنه ضروري في الاستقلاب الغذائي للحمض الأميني والناقل العصبي السيروتونين serotinin.

وفيتامين C ضروري لامتصاص الحديد، حيث يعمل كعامل مختزل فيقوم باختزال الحديديك ferric إلى حديدوز ferrous فيساعد على امتصاص الحديد وبالتالي على تكوين الهيموغلوبين فيقلل بطريق غير مباشر من الإصابة بفقر الدم بعوز الحديد iron-deficiency anemia. وهناك وظائف أخرى للفيتامين C منها التخفيف من حدة أعراض الحساسية، وتحفيز الوظيفة المناعية، وتسهيل الاستقلاب الغذائي للحموض الأمينية والأدوية، وهو ينشط تكوين حموض الصفراء bile acids، وكذلك ينقل الحموض الدهنية إلى الخلايا. كما أن لفيتامين C دوراً في منع تحويل النترات nitrates إلى نتريت nitrites وبالتالي يكون له دور وقائي ضد مرض السرطان [34].

المصادر الغذائية

المصادر الغذائية للفيتامين C هي المصادر النباتية فقط وخاصة الطازجة منها. ومن أغنى مصادره في الفواكه، الجوافة، والفواكه الحمضية مثل الليمون، والبرتقال، واليوسفي، والكريب فروت. كذلك يعتبر الكانتالوب، والفراولة، والطماطم من مصادره الغنية. ومن المصادر الجيدة أيضاً الخضروات الورقية الخضراء والفلفل الأخضر. وبالرغم من عدم احتواء البقوليات على فيتامين C إلا انها تحتوي عند الإنبات على فيتامين C بكميات جيدة.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمخصَّصات من الفيتامين C بالملّيغرام بالنسبة للأعمار المختلفة.

عَوَز الفيتامين C

يؤدي عَوَز الفيتامين C إلى حدوث نزيف بسيط تحت الجلد نتيجة تمزّق جدار الأوعية الدموية الناتج عن غياب مادة الكولاجين. كما يحدث تأخير في التئام الجروح أو عدم شفائها فضلاً عن حدوث فقر دم بعَوَز الحديد. أما في حالات العَوَز الشديد فيؤدي نقص الفيتامين C إلى مرض البشع scurvy، وهو نادر الحدوث هذه الأيام.

الأملاح المعدنية Minerals

الأملاح المعدنية هي عناصر غير عضوية لا يستطيع الجسم تصنيعها ولذلك لابد من الحصول عليها في الغذاء. وهي تنقسم إلى:

1 ـ **العناصر المعدنية الكبيرة المقدار (الكبرويّة) macrominerals** وهي التي يحتاجها الجسم بكميات أكثر من 100 ملّيغرام /اليوم، وتضم الكالسيوم والفوسفور والمغنيزيوم والكبريت والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد.

2 ـ **العناصر المعدنية القليلة المقدار (الصغرويّة) microminerals أو العناصر الزهيدة المقدار** trace elements، وهي التي يحتاج إليها الجسم بكميات تقل عن 100 ملّيغرام / اليوم، وتضم الحديد، والزنك، والنحاس، واليود، والمنغنيز، والفلور، والسيلينيوم، والكوبالت، والموليبدنوم، والكروم، والنيكل، والزرنيخ، والقصدير، والفاناديوم، والسيليكون، والبروم.

وتشكل الأملاح المعدنية 4.5% من وزن الجسم. ويشكل الكالسيوم حوالي نصف هذه النسبة، بينما يشكل الفوسفور 25% منها، وتشكل بقية الأملاح المعدنية نسبة ال

25% المتبقية منها. وتوجد الأملاح المعدنية بتركيزات أكبر في الأغذية الحيوانية أكثر من الأغذية النباتية، ما عدا المغنيزيوم والمنغنيز. وتتباين كميات الأملاح المعدنية التي يحتاجها الجسم من ميكروغرام واحد (2 ميكروغرام للكوبالت في B_{12}) إلى ملّيغرام واحد (الكالسيوم 800 ملّيغرام).

الوظائف العامة للأملاح المعدنية

1 ـ المحافظة على التوازن الحمضي ـ القاعدي في الجسم Maintenance of acid-base balance

تزيد بعض الأملاح من الوسط الحامضي مثل أملاح الكلور، و الفوسفور، والكبريت. وتوجد هذه الأملاح في اللحوم، والبيض والحبوب. وهناك بعض الأملاح التي تزيد من الوسط القاعدي مثل أملاح الصوديوم، والكالسيوم، والبوتاسيوم، والمغنيزيوم، والفوسفات وتوجد هذه الأملاح في الفواكه، والخضروات، والمكسرات. أما الألبان، والسكر، والنشا، والدهون فهي أغذية متعادلة.

2 ـ عوامل مساعدة أو تمائم انزيمات في التفاعلات الحيوية Catalysts for biological reactions

تدخل بعض الأملاح المعدنية كعوامل مساعدة في التفاعلات الحيوية وكوسيط بين الأنزيم والمادة التي يعمل عليها. مثال ذلك الزنك في العديد من التفاعلات، والكالسيوم في تجلط الدم وامتصاص الفيتامين B_{12}.

3 ـ مكونات مركبات الجسم الأساسية Components of essential body compounds

تحتاج بعض مركبات الجسم مثل الهرمونات إلى العناصر المعدنية كمكون أساسي. فمثلاً يحتاج هرمون الثيروكسين thyroxine، الذي يتحكم في الاستقلاب الغذائي للطاقة، إلى اليود. ويحتاج الهيموغلوبين hemoglobin الضروري لنقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الخلايا والرئة، إلى الحديد. والكلور ضروري لحمض الهيدروكلوريك الذي تفرزه خلايا جدار المعدة، كما أنه ضروري لتنشيط أنزيم الببسين اللازم لهضم البروتين. وتحتوي بعض الأنزيمات الخاصة بالتفاعلات اللازمة لإطلاق الطاقة على عنصري النحاس والحديد.

4 ـ انتقال التدفعات العصبية Transmission of nerve impulses

تلعب بعض الأملاح المعدنية مثل البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم دوراً حيوياً في

توصيل وإرسال التدفعات العصبية في الألياف العصبية.

5 ـ التحكم في انقباض العضلات Regulation of contractility of muscles

لكي تعمل العضلات بشكل طبيعي وبكفاءة لابد أن يكون هناك توازن بين العناصر المعدنية مثل الكالسيوم الذي يحفز انقباض العضلات وعناصر أخرى مثل الصوديوم، والبوتاسيوم، والمغنيزيوم التي تساعد على ارتخاء العضلات.

6 ـ نمو انسجة الجسم Growth of body tissue

تدخل بعض الأملاح مثل الكالسيوم والفوسفور بتركيزات كبيرة في تركيب العظام والأسنان، وأي نقص في أحد هذه العناصر ينتج عنه تأخر في النمو (التقزم). ويعتبر أيضاً الحديد ضرورياً لتكوين الهيموغلوبين وهو يساعد بالتالي على النمو.

7 ـ المحافظ على توازن الماء Maintenance of water balance

تحافظ بعض العناصر المعدنية مثل الصوديوم والبوتاسيوم، والكلوريد على توازن السوائل بين مختلف أقسام الجسم (داخل وخارج وبين الخلايا وكذلك في الأوعية الدموية).

أ ـ العناصر المعدنية الكبيرة المقدار

الكالسيوم Calcium

الكالسيوم هو أكثر الأملاح المعدنية توافراً في الجسم، حيث يشكل 1.5-2% من وزن الجسم، ويشكل 39% من الأملاح المعدنية الكلية. ويوجد 99% من الكالسيوم في العظام والأسنان والباقي في الدم وخارج الخلايا. وقد وجد أن للكالسيوم دوراً رئيسياً في منع تخلخل العظام Osteoporosis [35].

وظائف الكالسيوم

الوظيفة الرئيسية للكالسيوم هي البناء والمحافظة على العظام والأسنان. وبالإضافة إلى ذلك يساعد الكالسيوم في النقل العصبي nerve transmission، والتحكم في نبض القلب. كما يساعد على تجلط الدم بتحفيز إفراز الثرومبوبلاستين thromoplastin من لويحات الدم، وهو ضروري كعامل مساعد في تحويل البروثرومبين prothrombin إلى ثرومبين thrombin. ويؤثر الكالسيوم في انتقال الأيونات خلال أغشية الخلايا وإطلاق النواقل العصبية neurotransmitters. ويعمل الكالسيوم كعامل مساعد في العديد من العمليات الحيوية، مثل امتصاص الفيتامين B_{12}، وتفعيل وظيفة الليباز البنكرياسي،

وإفراز الأنسولين من البنكرياس، وتكوين الأسيتيل كولين acetylcholine، وكذلك انقباض الألياف العضلية.

العوامل التي تؤثر في امتصاص الكالسيوم

يتم امتصاص الكالسيوم في الاثناعشري من خلال عمل فيتامين D_3 النشط الذي يزيد من امتصاص الكالسيوم بتحفيز إنتاج البروتين الرابط للكالسيوم calcium-binding protein [36]. ولكن هناك عدداً من العوامل التي تؤثر في زيادة امتصاص الكالسيوم وهي: 1. زيادة الاحتياجات، كما في حالات النمو والحمل والإرضاع وعَوَز الكالسيوم. 2. وجود فيتامين D النشط. 3. وجود وسط حمضي. 4. وجود سكر اللاكتوز. 5. وجود كميات معتدلة من الدهون تزيد من وقت عبور المغذيات وتسمح بالتالي بوقت أطول لامتصاص الكالسيوم. 6. وجود بعض الحموض الأمينية مثل الأرجينين والليزين.

وعلى الجانب الآخر، هناك بعض العوامل التي تقلل من امتصاص الكالسيوم وهي: 1. نقص الفيتامين D النشط 2. وجود الأوكسالات كما في السبانخ والراوند والسلق والكاكاو. 3. وجود حمض الفيتيك في القشرة الخارجية للحبوب حيث يكوّن مادة غير ذوابة ويصعب امتصاصها 4. وجود وسط قلوي. 5. التوتر الجسدي والذهني. 6. بعض الأدوية مثل مضادات الاختلاج والثيروكسين 7. الشيخوخة 8. الإسهال 9. قلة النشاط الرياضي.

المصادر الغذائية

يعدّ اللبن ومنتجاته مثل الزبادي والجبن من أغنى المصادر الغذائية للكالسيوم، حيث يعطي كل كيلوغرام من اللبن حوالي 300 مليغرام كالسيوم. ومن المصادر الجيدة أيضاً للكالسيوم الأسماك الصغيرة مثل السردين والسلمون والسمك المعلب والكابوريا، وكذلك الخضروات الورقية الداكنة الخضرة مثل السبانخ. لكن وجود الأوكسالات فيها يعوق الامتصاص. كما يوجد الكالسيوم أيضا في الحبوب والبقول والمكسرات والعسل الأسود. وفي بعض البلاد الأوروبية، يُدعم الدقيق الأبيض بالكالسيوم مما يسهم في زيادة المتناول الكلي.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات للمخصّصات الغذائية من الكالسيوم مقدّرة بالمليغرام بالنسبة للأعمار المختلفة، والمعدّلة عام 1997.

عَوَز الكالسيوم

يؤدي عَوَز الكالسيوم إلى حدوث تشوهات في تركيب العظام وتخلخل فيها

osteoporosis، حيث تقل كمية الكالسيوم في العظام بدون تغيير في التركيب. وعندما يكون عَوَز الكالسيوم مصحوبا بعَوَز الفيتامين D يؤدي ذلك إلى حدوث الكساح أو الرخد في الأطفال rickets ولين العظام osteomalacia في الكبار، وخاصة عند السيدات في سن الإنجاب.

الفوسفور Phosphorus

يعد الفوسفور أحد أهم الأملاح الضرورية للجسم، حيث يمثل نسبة 22% من الأملاح المعدنية فيه. ويوجد حوالي 80% من الفوسفور في العظام والأسنان متحداً مع الكالسيوم في صورة أملاح فوسفات الكالسيوم، أما باقي الفوسفور فيتوزّع في خلايا الجسم والسائل الخلوي.

وظائف الفوسفور

إلى جانب الدور الهام للفسفور في نمو الأسنان والهيكل العظمي، فله وظائف أخرى في كل العمليات الحيوية للجسم حيث إنه مكون ضروري في الحموض النووية الدنا والرنا DNA وRNA الضرورية لانقسام الخلايا وتصنيع البروتين والجينات. كذلك يدخل الفوسفور في تركيب الفوسفوليبيدات phospholipids التي تدخل في تركيب أغشية الخلايا. والفوسفور ضروري للتحكم في إطلاق الطاقة الناتجة عن أكسدة الكربوهيدرات، والدهون، والبروتين حيث يدخل في تركيب جزيئات الأدينوزين الثلاثي أو الثنائي الفوسفات ATP وADP. ويساعد الفوسفور على امتصاص ونقل المغذيات، كما يلعب دوراً هاماً كعامل داريء كيميائي buer لمنع أي تغيير في حموضة سوائل الجسم.

المصادر الغذائية

يوجد الفوسفور في أغلب الأغذية وخاصة الأغذية الغنية بالبروتين مثل اللحم والأسماك والدواجن والبيض. ومن المصادر الجيدة أيضاً للفوسفور، اللبن ومنتجاته، والحبوب، والمكسرات، والبقوليات. وكذلك تسهم المشروبات الغازية والمواد المحتوية على الفوسفور في الأغذية المصنعة في زيادة المتناول من الفوسفور، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في الغذاء.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمخصّصات من الفوسفور، مقدرة بالملّيغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدّلة عام 1997.

عَوَز الفوسفور

نظراً لانتشار الفوسفور في الأغذية الحيوانية والنباتية فهناك احتمال ضئيل لنقص المتناول الغذائي منه. ويحدث عَوَز الفوسفور عند إعطاء الغلوكوز أو في حالة التغذية الوريدية الكاملة لمدة طويلة، أو استعمال مضادات الحموضة، أو حالة فرط الدريقية hyperparathyroidism.

المغنيزيوم Magnesium

يحتوي جسم الإنسان البالغ على حوالي 20–40 غراماً مغنيزيوم، حيث يوجد 60% من هذه الكمية في العظام و26% في العضلات، والباقي في الأنسجة الرخوة وسوائل الجسم.

وظائف المغنيزيوم

يدخل المغنيزيوم في العديد من العمليات البيوكيميائية والفيزيولوجية كعامل مساعد، حيث إن المغنيزيوم ضروري لكل التفاعلات المصاحبة لانطلاق الطاقة ولكل التفاعلات المتعلقة بالاستقلاب الغذائي للكربوهيدرات، والدهون، والبروتين والحموض النووية. والمغنيزيوم مكون طبيعي أيضاً في العظام، وهو ضروري للنقل العصبي nerve transmission، وكذلك لانقباض العضلات حيث يعمل على ترخية العضلات بعكس ما يفعله الكالسيوم.

المصادر الغذائية

يوجد المغنيزيوم بوفرة في الأغذية النباتية. ومن مصادره الجيدة البذور، والمكسرات، والبقوليات، والحبوب الكاملة، والخضروات الداكنة الخضرة لأنه مكون أساسي في مادة الكلوروفيل.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية لمخصَّصات المغنيزيوم، مقدَّرة بالملّيغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدلة عام 1997.

عَوَز المغنيزيوم

يحدث عَوَز المغنيزيوم الحاد في حالات أمراض الكلى، والعلاج بمدرات البول، وسوء الامتصاص، وزيادة إفراز الغدة الدرقية، والتهاب البنكرياس، والكواشركور، والداء السكري. وتتمثّل أعراض عَوَز المغنيزيوم في فقدان الشهية واختلال النمو وضعف العضلات والتشويش العقلي (التخليط) confusion.

الكبريت Sulfur

يوجد الكبريت في كل خلية في الهيولى (السيتوبلازم) ويمثل 0.25% من وزن الجسم. ويدخل الكبريت في تركيب بعض الحموض الأمينية مثل السستين cystine، والسيستئين cysteine، والميثيونين methionine. وهو موجود في كل البروتينات وعلى الأخص الأنسولين، وكيراتين الجلد، والشعر، والأظافر. ويوجد الكبريت أيضاً في الكربوهيدرات، والفيتامينات مثل الثيامين والبيوتين، وحمض البانتوثينيك. ويلعب الكبريت دوراً هاماً في الاستقلاب الغذائي، كما أن له دوراً في تكوين جلطة الدم، وفي نقل الطاقة وتصنيع الغليكوجين.

الصوديوم Sodium

الصوديوم هو الأيون الموجب cation في السائل خارج الخلايا extracellular fluid. ويوجد أيضاً بكميات كبيرة في الحموض الصفراوية، ومفرزات البنكرياس. كما يوجد حوالي 40% من الصوديوم في العمود الفقري.

وظائف الصوديوم

ينظّم الصوديوم حجم السائل خارج الخلوي extracellular fluid. ويدخل في عملية الضغط التناضحي (الأسموزي). ويساعد الصوديوم في نقل التدفّعات العصبية ويتحكّم في انقباض العضلات حيث يعمل على ارتخائها. ويعتبر الصوديوم ضرورياً لامتصاص الغلوكوز ونقل باقي المغذيات عبر أغشية الخلايا وخاصة في جدار الأمعاء.

المصادر الغذائية

كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام هو المصدر الرئيسي للصوديوم. وتكون مصادره الغذائية إما طبيعية وخاصة تلك التي تأتي من مصدر حيواني مثل البروتينات، أو اصطناعية مثل الملح المضاف أثناء تصنيع تحضير الأغذية، أو ملح الطعام المضاف عند الأكل.

التوصيات الغذائية

ليست هناك توصيات غذائية للصوديوم، ويبين الجدول رقم (5) الاحتياجات الدنيا للمتناول اليومي منه بالنسبة للأعمار المختلفة.

البوتاسيوم Potassium

البوتاسيوم هو الأيون الموجب في السائل داخل الخلويا intracellular fluid، وهو

يتوافر بكميات صغيرة في السائل خارج الخلايا. ويزداد مستوى البوتاسيوم في الدم عندما يحدث تقويض catabolism لأنسجة الجسم، وفي حالات زيادة حموضة الدم (الحُماض) acidosis التي تحدث أثناء الإسهال. وينخفض مستوى البوتاسيوم في الدم عندما يزداد معدل تصنيع البروتين أو الغليكوجين، وفي الحالات التي تزداد فيها قلوية الدم (القُلاء) alkalosis.

وظائف البوتاسيوم

يؤدي البوتاسيوم مع الصوديوم دوراً هاما في الحفاظ على توازن الماء الطبيعي في الجسم، وفي الحفاظ على الضغط التناضحي (الاسموزي)، والتوازن الحمضي القاعدي. ويقوم البوتاسيوم داخل الخلايا بدور عامل مساعد في العديد من التفاعلات الحيوية، خاصة المتعلقة بانطلاق الطاقة، وتصنيع البروتين والغليكوجين. كما يلعب البوتاسيوم دوراً في انتقال التدفعات العصبية وتحرير الأنسولين من البنكرياس. ويعمل البوتاسيوم مع المغنيزيوم على ترخية العضلات. وهو ضروري للنمو لأنه يشكّل جزءاً هاماً في الخلية.

المصادر الغذائية

من المصادر الجيدة للبوتاسيوم الفواكه، وبشكل خاص الموز وعصير البرتقال، والخضروات مثل السبانخ وعش الغراب والبروكولي والطماطم والخس، بالإضافة إلى وجوده في اللحوم واللبن.

التوصيات الغذائية

ليست هناك توصيات غذائية للبوتاسيوم، ويبين الجدول رقم (5) الاحتياجات الدنيا للمتناول اليومي منه بالنسبة للأعمار المختلفة.

الكلوريد Chloride

الكلوريد هو الأيون الرئيسي في السائل خارج الخلوي extracellular fluid مع الصوديوم. وتوجد أعلى تركيزاته في السائل النخاعي cerebrospinal fluid وفي الإفرازات المعدية والبنكرياسية.

وظائف الكلوريد

يساعد الكلوريد مع الصوديوم في المحافظة على توازن الماء والضغط التناضحي. وكجزء من حمض الهيدروكلوريك، يحافظ الكلوريد على الحموضة الطبيعية لمحتويات المعدة اللازمة لعمل أنزيمات الهضم في المعدة. وهو يعمل أيضاً مع الفوسفات

والكبريتات في المحافظة على التوازن الحمضي القاعدي في سوائل الجسم، ويدخل في عملية التوازن التناضحي (الأسموزي) لمواجهة تغيرات مستويات البيكربونات في البلازما وكريات الدم الحمراء.

المصادر الغذائية

إجمالاً، يوجد الكلوريد في الغذاء على شكل كلوريد الصوديوم أو ما يسمّى ملح الطعام.

التوصيات الغذائية

ليست هناك توصيات غذائية للكلوريد، ويبين الجدول رقم (5) الاحتياجات الدنيا للمتناول اليومي منه لمختلف الأعمار.

ب ـ العناصر المعدنية القليلة المقدار أو الزهيدة

الحديد Iron

يحتوي جسم الإنسان البالغ على 5.3 غرامات حديد، وتتفاوت هذه الكمية حسب السن، والنوع، والحجم، والحالة التغذوية، والصحة العامة، وكمية المخزون. ويتركز الحديد في الدم حيث يوجد 60-75% منه في هيموغلوبين الدم (خضاب الدم) hemoglobin. كما توجد نسبة بسيطة منه (3%) في الغلوبين العضلي myoglobin، ونسبة 15.5% في أنزيمات الخلايا الحيّة الضرورية للتنفس الخلوي. كما يوجد 30% من حديد الجسم كمخزون body stores في الكبد والطحال ونخاع العظام. ويعكس الفريتين ferritin الموجود في مصل الدم مخزون الحديد، وهو يمثل حوالي 1% من حديد الجسم.

وظائف الحديد

1 ـ ناقل للأكسجين وثنائي أكسيد الكربون

للحديد دور رئيسي في نقل الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون بين الأنسجة والرئة كجزء من هيموغلوبين الدم، والميوغلوبين الموجود في العضلات وفي العديد من أنزيمات الأنسجة مثل السيتوكرومات cytochromes الضرورية للتنفس الخلوي.

2 ـ تكوين الدم

يدخل الحديد في تركيب الهيموغلوبين hemoglobin الضروري لعمليات الأكسدة وإنتاج الطاقة.

3 ـ عامل مضاد للعدوى

للحديد علاقة بالجهاز المناعي، حيث وجد أن الأشخاص المصابين بعَوَز الحديد أكثر عرضة للعدوى. كذلك يقي اللاكتوفيرين lactoferrin الموجود في لبن الأم من العدوى بالبكتيريا في القناة الهضمية للرضع، وذلك بالاتحاد مع الحديد الموجود في البكتيريا فيمنع نموّها.

وبالإضافة إلى هذه الوظائف الرئيسية للحديد، فإن له وظائف أخرى منها المساعدة في تحويل البيتا كاروتين إلى فيتامين A النشط، وتصنيع البيرونات الضرورية للحموض النووية DNA وRNA، وتصنيع الكارنيتين carnitine اللازم لنقل الحموض الدهنية، وتصنيع الكولاجين، وإنتاج الأضداد، وإبطال مفعول الأدوية ذات التأثيرات السامة في الجسم detoxification. كما وجد أن للحديد دوراً في الأداء المعرفي cognitive performance والتحصيل الدراسي والذاكرة والأداء الجسدي [37].

المصادر الغذائية

تعتبر المصادر الحيوانية أفضل المصادر الغذائية للحديد، والكبد هو أغنى هذه المصادر، ثم تأتي في المرتبة الثانية، الكلى، والقلب، والطحال، واللحم، والدواجن، والبيض، والأسماك والأطعمة البحرية. أما المصادر النباتية فأهمها الحبوب الجافة، والخضروات الورقية الداكنة الخضرة، والعسل الأسود، والحبوب الكاملة، والدرنات مثل البطاطس، والفواكه المجففة. إلا أن التوافر البيولوجي bioavailability للحديد يكون بنسبة أقل في المصادر النباتية. وفي بعض بلدان العالم، تشكل الأغذية المدعمة بالحديد مثل الدقيق، والخبز، والحبوب نسبة هامة في مجمل المتناول من الحديد.

وهناك نوعان من الحديد الموجود في الأطعمة: الحديد الهيمي heme iron الذي يوجد في الهيموغلوبين، والحديد اللاهيمي nonheme iron. ويكون حوالي 40% من الحديد الموجود في اللحم على صورة حديد هيمي، أما الباقي فيكون من النوع اللاهيمي. وتحتوي المصادر النباتية على الحديد اللاهيمي فقط. ويكون امتصاص الحديد الهيمي في القناة الهضمية أفضل من امتصاص الحديد اللاهيمي، حيث يمتص 25% من الحديد الهيمي بالمقارنة مع 5% للحديد اللاهيمي. ويرجع ذلك إلى أن الحديد الهيمي يمتص سليماً intact كما أن امتصاصه لا يتأثر كثيراً بتركيب الوجبة أو بإفرازات الأمعاء.

العوامل التي تؤثر في امتصاص الحديد

هناك بعض العوامل التي تؤثر في فاعلية امتصاص الحديد سواء بزيادة الامتصاص أو بتثبيط الامتصاص [38,39].

أ - عوامل تزيد من امتصاص الحديد

يزداد امتصاص الحديد عندما تزيد حاجة الجسم له كما في بعض الحالات الفيزيولوجية مثل الحمل والنمو، وذلك نتيجة لزيادة تكوين الدم. كما تزداد الحاجة للحديد أيضا في حالات عَوَز الحديد iron deficiency أو النزيف وذلك لتعويض الفاقد منه.

ويؤثر تركيب الوجبة الغذائية في امتصاص الحديد، حيث يزداد الامتصاص عند وجود بعض المواد التي تزيد من الامتصاص، كاحتواء الوجبة الغذائية مثلاً على اللحم، أو الدواجن أو السمك، أو عند وجود حمض الأسكوربيك (فيتامين C) ascorbic acid، الذي يلعب دور عامل اختزال يساعد على اختزال الحديديك إلى حديدوز، فيصبح الحديد مهيَّئاً أكثر للامتصاص. ويعمل حمض الأسكوربيك أيضاً على التقليل من تأثير العوامل التي تثبط الامتصاص مثل حمض الفيتيك وحمض التانيك.

ب - عوامل تقلل من امتصاص الحديد

إن الأغذية التي تحتوي على حمض الفيتيك phytic acid مثل الحبوب الكاملة لها توافر بيولوجي منخفض لأن درجة توافرها في النسج التي يمكن أن تستفيد منها تكون منخفضة، حيث يتحد حمض الفيتيك مع الحديد مكوناً مركباً غير ذواب لا يستطيع الجسم امتصاصه. كما أن تناول الشاي أو القهوة بعد الوجبة مباشرة يقلل من امتصاص الحديد، لأن الشاي يحتوي على مركبات ترتبط بالحديد مثل حمض التانيك (حمض العفص) tannic acid. كذلك يتعارض وجود كميات كبيرة من الكالسيوم في الوجبة الغذائية مع امتصاص الحديد. ويقلل تزايد المتناول الغذائي من الفوسفور أيضا من امتصاص الحديد. كما وجد أن احتواء الوجبة الغذائية على كميات كبيرة من الألياف يقلّل من الاستفادة من الحديد، حيث ينخفض امتصاص الحديد إلى 1.2% في الخضروات مثل السبانخ عند تناول الحبوب الكاملة معه.

وهناك بعض الحالات المرضية التي تقلل من امتصاص الحديد مثل زيادة حركة الأمعاء increased intestinal mobility، وسوء هضم الدهون، الذي يؤدي إلى التغوّط الدهني steatorrhea، وفقد حمض الهيدروكلوريك achlohydris في العصارة المعدية. كل هذه العوامل تتداخل وتقلل من امتصاص الحديد. وعلى الجانب الآخر يساعد وجود العامل الداخلي intrinsic factor على امتصاص الحديد الهيمي.

التوصيات الغذائية

يبيِّن الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمتناول اليومي للحديد، مقدراً بالملّيغرام وموزعاً تبعاً للأعمار المختلفة.

عَوَز الحديد Iron deficiency

يؤدي عَوَز الحديد إلى حدوث فقر الدم بعَوَز الحديد iron deficiency anemia (IDA). وهو يكون أكثر انتشاراً بين الأطفال في سنّ ما قبل المدرسة 1 - 5 سنوات، وبين السيدات في مرحلة الإنجاب وبشكل خاص الحوامل والمرضعات، وبين المراهقين الذين تتراوح أعمارهم بين 10–19 سنة [40]. ويقود أسباب العَوَز إلى نقص المتناول الغذائي من الحديد، وإلى زيادة الاحتياجات منه خاصة الحمل والنمو، وانخفاض معدل الامتصاص نتيجة للعوامل التي تؤثر في الامتصاص وبعض العادات الغذائية المصاحبة.

الزنك Zinc

يحتوي جسم الإنسان البالغ على 3 غرامات من الزنك تتركّز في الكبد، والبنكرياس، والكلى، والعظم، والعضلات الإرادية. وهو يوجد بتركيزات عالية أيضاً في العين، والبروستات، والنطاف المنوية، والجلد، والشعر، والأظافر. ويأتي الزنك في المرتبة الثانية بعد الحديد من حيث كميته وتوزيعه سواء في جسم الإنسان أو في عالم الحيوان والنبات. وقد عرف عَوَز الزنك عام 1961 في مصر وإيران عندما لوحظ أن الأطفال وخاصة الذكور يعانون من تعوّق النمو stunting، وقصور الغدد التناسلية hypogonadism، وحالات فقر الدم الخفيفة mild anemia [41].

وظائف الزنك

يدخل الزنك في الانزيمات المعدنية metal enzyme، التي عُرف منها أكثر من 120 أنزيماً. ولهذا يدخل الزنك في العديد من التفاعلات الخاصة بتصنيع أو تحلل بعض المغذيات مثل الكربوهيدرات، والبروتين، والدهون، والحموض النووية. وهو يساعد أيضاً في تثبيت أغشية الخلايا وتثبيت تركيب البروتين والحموض النووية. وللزنك دور هام في عملية نقل المغذيات، والوظيفة المناعية، وانقسام الخلايا، وإبطال مفعول المعادن ذات التأثير السام في الجسم. ونتيجة لهذه الوظائف نجد أن الزنك يؤثر في العديد من وظائف الجسم مثل الإنجاب، وصحة الجلد، والتئام الجروح، وحاسة التذوق، والنمو.

المصادر الغذائية

أفضل المصادر الغذائية للزنك هي المنتجات الحيوانية، لكن هذه المصادر هي الأغلى أيضا. ويوجد الزنك بكميات جيدة في الأسماك، والدواجن والألبان ومنتجاتها والكبد. كما يوجد أيضا في المنتجات النباتية مثل الحبوب والبقول الجافة، والمكسرات. ويعيق وجود حمض الفيتيك phytic acid والألياف fibers في هذه المصادر امتصاص الزنك.

التوصيات الغذائية

يبيِّن الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمتناول اليومي للزنك، مُقدَّراً بالملّيغرام تبعاً للأعمار المختلفة.

عَوَز الزنك

يؤدي عَوَز الزنك إلى قصور في النمو (التقزم) short stature، وقصور الغدد التناسلية hypogonadism، وفقر الدم الناقص الصباغ الصغير الكُرَيَّات hypochromic microcytic، ونقص حاسة التذوق، وتأخر التئام الجروح، والصلع، وتقرحات في الجلد.

النحاس Copper

عُرف النحاس كمكون طبيعي للدم عام 1875، ثم عُرف كمادة غذائية ضرورية عام 1928. وتوجد أعلى تركيزاته في الكبد، والمخ، والقلب، والكلى، والعضلات. وتحتوي الكتلة العضلية مجتمعة على 40% من مجمل النحاس الموجود في الجسم.

وظائف النحاس

النحاس مكون ضروري للعديد من الأنزيمات. وهو يلعب دوراً هاماً في الوقاية من فقر الدم إما بالمساعدة على امتصاص الحديد، أو تحفيز تصنيع الهيم أو الغلوبين في جزيء الهيموغلوبين، أو عن طريق تحرير مخزون الحديد من الكبد. ويلعب النحاس أيضاً دوراً في أكسدة الحديدوز إلى حديديك. وللنحاس دور في تصنيع الفوسفوليبدات، الضرورية لتكوين مادة الميلين myelin التي تُغمِّد الألياف العصبية، ولتصنيع الميلانين melanin. وله دور أيضا في إنتاج الطاقة حيث يدخل في بعض الأنزيمات الخاصة بهذه التفاعلات. كما يحافظ النحاس على نشاط الأنزيمات التي تدخل في تصنيع الكولاجين collagen والإيلاستين elastin، وتحويل الحمض الأميني الثيرونين إلى ميلانين melanin، وهو الصباغ الداكن للجلد والشعر.

المصادر الغذائية

ينتشر النحاس في الأغذية النباتية، وتعكس كميته فيها محتوى التربة من النحاس. والأغذية الغنية بالنحاس هي الأغذية البحرية، والكبد، والكلى، والشوكولاته، والمكسرات، والبقول الجافة، والحبوب، والفواكه الجافة، والدواجن والقشريات البحرية.

التوصيات الغذائية

ليست هناك توصيات غذائية للنحاس. ويبيِّن الجدول رقم (4) الكميات الآمنة والكافية للمتناول اليومي حسب الأعمار المختلفة.

اليود Iodine

يحتوي جسم الإنسان على 20-30% ملّيغرام من اليود، ويوجد 75% من هذه الكمية في الغدة الدرقية thyroid gland، أما الباقي فيتوزّع في الجسم، وبشكل خاص في الثدي وبطانة المعدة، والدم.

وظائف اليود

الوظيفة المعروفة لليود هي دوره كمكون رئيسي لهرمونات الغدة الدرقية والتي من أهمها هرمون الثيروكسين thyroxine hormone. يحفز هرمون الثيروكسين عملية الاستقلاب الغذائي وانطلاق الطاقة، وبذلك يعمل اليود كمنظم للنمو والتطور. وبالرغم من الدور الرئيسي في تمثيل الطاقة بواسطة هرمون الثيروكسين، فقد وجد أن له بعض الأدوار الأخرى أيضا من خلال هرمون الثيروكسين. فمثلا وجد أن تحويل الكاروتين إلى فيتامين A النشط، وتصنيع البروتين، وامتصاص الكربوهيدرات من الأمعاء الدقيقة، وتصنيع الكولستيرول، والإنجاب، يتم بصورة افضل عندما تكون مستويات هرمون الثيروكسين طبيعية.

المصادر الغذائية

يوجد اليود بكميات مختلفة في الأطعمة ومياه الشرب. ومن أغنى مصادره الأطعمة البحرية مثل السرطان، والمحار والسردين، وأسماك البحر. أما محتوى اليود في الألبان، والبيض، والخضروات فتحدّده نسبة أملاح اليود الموجودة في غذاء الحيوان وفي التربة. وفي العديد من الدول، يتم دعم ملح الطعام باليود (يَوْدَنة الملح salt iodization) [42].

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمتناول اليومي لليود، مقدراً بالميكروغرام بالنسبة للأعمار المختلفة.

عَوَز اليود

يؤدي عَوَز اليود إلى تضخم الغدة الدرقية، وتسمى هذه الحالة الدراق المتوطن endemic goiter، وإذا حدث هذا العَوَز أثناء الحمل فإنه يؤدي إلى مرض القَدَامة cretinism في الأطفال [43].

الفلوريد Fluoride

الفلوريد مهم لصحة الأسنان والعظام، ويحتوي الهيكل العظمي على 2.5 ملّيغرام من الفلوريد

وظائف الفلوريد

يعتبر الفلوريد عنصراً أساسياً، وله تأثير فعال على ميناء الأسنان teeth enamel، فهو يجعل الأسنان أقل تأثراً بالحموض وأكثر مقاومة للتَسَوُّس dental caries. كذلك يساعد الفلوريد في ثبات الهيكل العظمي عندما يفقد الكالسيوم بعد انقطاع الطمث (الضهى) menopause أو بسبب قلة الحركة، كما يحدث عند الكبار في السن، وأثناء الرحلات الفضائية.

المصادر الغذائية

أهم المصادر الغذائية للفلوريد هي مياه الشرب والأغذية المصنعة التي تُستخدم فيها المياه المفلورة fluoridated water. ويوجد الفلوريد أيضاً في الشاي حيث يحتوي كوب الشاي الواحد على 0.1 ملّيغرام فلوريد. ومن المصادر الأخرى الجيدة للفلوريد الأسماك مثل السردين والسلمون.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية المتناول اليومي الكافي للفلوريد، مقدراً بالملّيغرام بالنسبة للأعمار المختلفة والمعدل عام 1997.

السيلينيوم Selenium

اكتشف السيلينيوم كعنصر أساسي عام 1957، حيث وجد أنه فعال في وقاية الفئران المصابة بعَوَز الفيتامين E من تليُّف الكبد. ويوجد حوالي 15 ملّيغراماً من السيلينيوم في الجسم يتركّز معظمها في الكبد. ويتأثر مستوى السيلينيوم في الأنسجة بالمتناول الغذائي منه وكذلك بتوزعه في البيئة والتربة.

وظائف السيلينيوم

يمثل السيلينيوم جزءاً أساسياً من أنزيم بيروكسيداز الغلوتاثيون glutathion peroxidase الذي يحمي الخلايا من التلف الناتج من أكسدة الدهن. ويعمل السيلينيوم مع فيتامين E كمضاد للأكسدة antioxidant وذلك بحماية الخلايا وأغشيتها من ضرر التأكسد بالجذور الحرة free radicals، وبذلك يلعب دوراً في الحماية من

السرطان. وهناك بعض الوظائف الأخرى المحتملة للسيلينيوم التي لم تثبت بعد كدوره في وظيفة الكبد، وانطلاق الطاقة من الخلايا، وتكوين البروتين في الخلايا المنوية [44].

المصادر الغذائية

يعكس محتوى السيلينيوم في النبات محتوى التربة والماء من السيلينيوم، وهذا ينعكس على مقدار السيلينيوم في المنتجات الحيوانية العائدة لحيوانات تربى على المحاصيل المزروعة في هذه التربة، مثل اللحوم والبيض اللبن. ومن أهم الأغذية الغنية بالسيلينيوم البندق البرازيلي brazil nuts، والمنتجات البحرية، والكبد، والكلى، واللحوم، والدواجن.

التوصيات الغذائية

يبين الجدول رقم (6) التوصيات الغذائية للمتناول اليومي للسيلينيوم، مقدراً بالميكروغرام بالنسبة للأعمار المختلفة.

الكوبالت Cobalt

يوجد معظم الكوبالت في الجسم مع الفيتامين B_{12} في الكبد. والوظيفة الأساسية المعروفة للكوبالت هي دوره كجزء أساسي في فيتامين B_{12} (الكوبالامين cobalamin)، لأن هذا الفيتامين ضروري لاكتمال نمو كريات الدم الحمراء وللوظيفة الطبيعية لكل الخلايا. ويوجد الكوبالت في الكبد، والكلى. كما يوجد في اللحم، والدواجن، واللبن. والكائنات الدقيقة هي فقط التي تستطيع تصنيع فيتامين B_{12}، أما الإنسان فقدرته محدودة جدا في تصنيع فيتامين B_{12} في الأمعاء الدقيقة، حيث يتم امتصاص فيتامين B_{12}. ولذلك لابد من حصول الإنسان على احتياجاته من الفيتامين B_{12} وبالتالي الكوبالت من الأغذية الحيوانية، مثل الكبد واللحم والألبان. ويحدث عَوَز الكوبالت فقط عندما يحدث عَوَز الفيتامين B_{12} ويؤدي إلى حدوث فقر الدم الكبير الكريات macrocytic anemia.

المنغنيز Manganese

بالرغم من أنه لم تثبت حالات عَوَز المنغنيز، إلا أن المنغنيز يعتبر عنصراً أساسياً في العديد من التفاعلات الكيميائية في الجسم. وهو يوجد في الجسم بتركيزات تتراوح بين 10–20 ملّيغراماً. وتوجد هذه التركيزات في الأنسجة الغنية بالمتقدرات mitochondria. والمنغنيز ضروري للهيكل العظمي والنسيج الضام، وهو مكون للعديد من الأنزيمات التي تدخل في تصنيع الحموض الأمينية والكولستيرول، وتكوين اليوريا، وتحرير الدهون من الكبد، والاستقلاب الغذائي للكربوهيدرات، وتركيب

ووظيفة المتقدرات mitochondria في الخلايا الضرورية لانطلاق الطاقة. ويختلف المنغنيز عن باقي العناصر المعدنية في أن مصادره الغنية تنحصر في المصادر النباتية مثل الحبوب الكاملة، والبقول، والمكسرات، والشاي. أما الخضروات والفواكه فتحتوي على كميات مناسبة. وليس هناك توصيات غذائية للمنغنيز، ويبين الجدول رقم (4) التقديرات الآمنة الكافية للمتناول اليومي للمنغنيز مدونة حسب الأعمار المختلفة.

الموليبدنوم Molybdenum

عرف الموليبدنوم كعنصر أساسي لنمو النبات، وهو يعتبر الآن عنصراً أساسياً في تغذية الإنسان. ويوجد حوالي 9 ملّيغرامات من الموليبدنوم في الجسم يتركز معظمها في الكبد، والكلى، والغدد الكظرية، وخلايا الدم. والموليبدنوم عامل مساعد أساسي في الأنزيمات التي تدخل في تكوين حمض اليوريك من البيرونات، والتي تساعد على تحريك الحديد من مخازن الكبد وكذلك أكسدة الألدهيدات aldehydes. ويساعد الموليبدنوم في وقاية الأسنان من التَسَوُّس وذلك بالمساعدة على بقاء الفلوريد على ميناء الأسنان. وهو ينتشر في الأغذية الشائعة مثل البقوليات، والحبوب الكاملة، واللبن ومنتجاته، والخضروات الورقية الداكنة الخضرة، كما يوجد في اللحوم. ليس هناك توصيات غذائية للموليبدنوم، ويبين الجدول رقم (4) التقديرات الآمنة والكافية للمتناول اليومي للموليبدنوم مدونة حسب الأعمار المختلفة.

الكروم Chromium

عرف الكروم كعنصر أساسي في الإنسان عام 1959. ويتجمع الكروم الممتص في الجلد والعضلات والدهن. وهو يلعب دوراً في الاستقلاب الغذائي للدهون والكربوهيدرات، ويعتبر أحد مكونات عامل تحمل الغلوكوز glucose-tolerance factor الذي يتكون من الكروم، وحمض النيكوتينك، والغلوتاثيون glutathione. ووجد أن لهذا العامل دوراً في تنشيط الأنزيمات ذات العلاقة باستقلاب السكر والتفاعل الداخلي بين الأنسولين ومستقبلاته في أغشية الخلايا [45]. كما وجد أن إعطاء الكروم يزيد من تحمل الغلوكوز، ويقلل من مستوى الأنسولين، ويزيد من مستقبلات الأنسولين على الخلايا، ويقلل من الكولستيرول، ويرفع من مستوى البروتينات الشحمية العالية الكثافة HDL [46]. ويتوافر الكروم في الأطعمة العائدة لمصادر نباتية مثل البطاطس، والحبوب الكاملة، والفواكه الطازجة، والخضروات. كما يوجد بتركيزات عالية في المحار، والكبد، واللحوم، والدواجن، والجبن، والأطعمة البحرية. ويؤدي عَوَز الكروم إلى ظهور أعراض تغير في استقلاب الكربوهيدرات مثل اختلال تحمل الغلوكوز، والبيلة السكرية

glycosuria، وارتفاع مستوى المصل للأنسولين. ليس هناك توصيات غذائية محدّدة للكروم، لكن التقديرات الآمنة والكافية للمتناول اليومي منه مدونة حسب الأعمار المختلفة في جدول رقم (4).

عناصر أخرى زهيدة المقدار

هناك بعض الأملاح النادرة الأخرى التي لم تحدد لها احتياجات بالرغم من اعتبارها أساسية لتغذية الإنسان ومنها:

السيليكون Silicon الذي له دور في بدء تكلس العظام، ويساعد على تصنيع الكولاجين. ويوجد السيليكون في جلد الدواجن، والحبوب الكاملة، والبيرة.

الفاناديوم Vanadium وهو يشكل جزءاً من أنسجة الإنسان ولهذا اعتبر عنصراً أساسياً. وفي الحيوانات وجد أن للفاناديوم دوراً في النمو، والإنجاب، ونمو العظام، واستقلاب الدهون. يوجد الفاناديوم في الحبوب الكاملة، واللحوم، والأسماك، والدواجن.

النيكل Nickel يوجد النيكل في الحموض النووية، حيث يعمل كمثبت للشكل الثلاثي الأبعاد للحموض النووية والبروتين، وكتميم مساعد للأنزيمات. والنيكل ضروري لامتصاص الحديد. ومن المصادر الغذائية الجيدة له المكسرات والحبوب ومنتجاتها، وبعض البقوليات.

المراجع

(1) Passmore R, Eastwood MA. Davidson and Passmore Human Nutrition and Dietetics, 8th ed. Edinburgh, London, Melbourne, Newyork: Churchill Living-stone, 1986, p:8.

(2) Guthrie HA. Introductory Nutrition, 7th ed. St Louis, Toronto, Boston, Los Altos: Mirror/Mosby College Publishing, 1989.

(3) Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS: Recommended Dietary Allowances, 10th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

(4) Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS: Reference intake for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and flouride. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

(5) Mahan K, Arlin MT. Krause's Food, Nutrition & Diet Therapy, 9th ed. Philadelphia: WB Saunders Company, 1996.

(6) Pilch SM, editor. Review of physiological effects and health consequences of dietary fiber. Bethesda: FASEB, 1987.

(7) Howe GR, Benito E, Castelleto R *et al.* Dietary intake of fiber and decreased risk of cancers of the colon and rectum: evidence from the combined analysis of 13 case-control studies. J Natl Cancer Inst 1992; 84: 1887-1896.

(8) Cancer control objectives for the nation: 1985-2000. NCI monograph 2. Bethesda: US department of Health and Services,1986: 4-5.

(9) ISEO: Food, Fats and Oils, 6th ed. Washington, DC: Institute of Shortening and Edible Oils, 1988.

(10) Connor WE. Linolenic acid in health and disease. Am J Clin Nutr 1999; 69: .827-828.

(11) Leaf A. Health claims: Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. Nutr Rev 1992; 50: 150-154.

(12) Anderson L *et al.* Nutrition in Health and Disease, 17th ed. Philadelphia, Toronto: JB Lippincotte Company, 1982, p: 39.

(13) Public Health Services, USDHHS, and NHLBI: Report of the Expert Panel on Population-based Strategies for Blood Cholesterol Reduction. NIH Publ No. 90-3046, Washington DC: US Government Printing Office, 1990.

(14) Laidlaw AS, Kopple JD. Newer concepts of the indispensable amino acids. Am J Clin Nutr 1987; 46: 593-600.

(15) UNICEF. The state of world's nutrition 1998. Oxford University Press: UNICEF, 1998.

(16) Guyton AC. Textbook of Medical Physiology, 6th ed. Philadelphia: WB Saunders, 1981, p: 382.

(17) Willett WC, Hunter DJ. Vitamin A and cancers of the breast, large bowel and prostate: Epidemiological evidence. Nutr Rev 1994; 52: S53-S59.

(18) Van Poppel G, Goldbohm RA. Epidemiologic evidence for *B*-carotene and cancer prevention. Am J Clin Nutr 1995; 62(suppl): 1393S-1402S.

(19) Copper DA, Eldridge AL, Peters JC. Dietary carotenoids and certain cancers, heart disease and age related macular degeneration: A review of recent research. Nutr Rev 1999; 57: 201-214.

(20) Sommer A. Vitamin A: Its effect on childhood sight and life. Nutr Rev 1994; 52: S60-S66.

(21) Sommer A. Vitamin A deficiency and its consequences: a field guide to detection and control, 3rd ed. Geneva: WHO, 1995.

(22) DeLuca HC, Zierold C. Mechanisms and functions of vitamin D. Nutr Rev 1998; 56: S4-S10.

(23) Byers T, Guerrero N. Epidemiologic evidence for vitamin C and vitamin E in cancer prevention. Am J Clin Nutr 1995; 62(suppl): 1385S-1392S.

(24) Meydani SN, Beharka AA. Recent development in vitamin E and immune response. Nutr Rev 1998; 56: S49-S58.

(25) Ferland G. The vitamin K-dependent proteins: An update. Nutr Rev 1998; 56: 223-230.

(26) Van der Berg EJ *et al.* Thiamin, riboflavin and vitamin B6 and C: Impact of combined restricted intake on functional performance in man. Am J Clin Nutr 1988;48: 1451-1455.

(27) Bunce GE, Hess JL. Cataract- What is the role of nutrition in lens health? Nutrition Today 1988; 23: 6-9.

(28) Wall JS, Carpenter KJ. Variation in availability of niacin in grain products. Food Technology 1988; 42: 198-204.

(29) Marshall MW. Nutritional importance of biotin-An update. Nutrition Today 1987; 22: 26-30.

(30) Berry RJ, Li Z, Erickon JD *et al.* Prevention of neural tube defects with folic acid in China. N Eng J Med 1999; 341: 1485-1490.

(31) Herbert V. The 1986 Herman Award Lecture. Nutrition science as a continually unfolding story: The folate and vitamin B12 paradigm. Am J Clin Nutr 1987; 46: 387-390.

(32) Choi SW. Vitamin B12 deficiency: A new risk factor for breast cancer? Nutr Rev 1999; 57: 250-253.

(33) Merrill AH, Henderson JM. Diseases associated with defects in vitamin B6

metabolism or utilization. Nutr MD 1989; 15: 4-10.
(34) Charleux JL. *B*-carotene, vitamin C, and vitamin E: The protective micronutrients. Nutr Rev 1996; 54: S109-S114.
(35) Prentice A. Is nutrition important in osteoporosis? Proceeding of the Nutrition Society 1997; 56: 357-367.
(36) Bronner F. Intestinal calcium absorption: Mechanisms and applications. J Nutr 1987; 1117: 1347-1352.
(37) Soemantri AG, Pollitt E, Kim I. Iron deficiency anemia and educational achievement. Am J Clin Nutr 1985; 42: 1221-1228.
(38) Hallberg L. Iron absorption and iron deficiency. Hum Nutr: Clin Nutr 1982; 36C: 259-278.
(39) Hallberg L. Search for nutritional confounding factors in the relationship between iron deficiency and brain function. Am J Clin Nutr 1989; 50: 598-606.
(40) INACG/WHO/UNICEF. Guidelines for the use of iron supplements to prevent and treat iron deficiency anemia. Washington: ILSI Press, 1998.
(41) Prassed AS, Miale A Jr, Farid Z, Sulert A, Henstead HH. Zinc metabolism in patients with the syndrom of iron deficiency, hypogonadism and dwarfism. J Lab Clin Med 1963; 61: 537-549.
(42) Hetzel BS. The control of iodine deficiency. Am J Publ Hlth 1993; 83: 4.95
(43) Lamberg BA. Iodine deficiency disorders and endemic goiter. Europ J Clin Nutr 1993; 47: 1-8.
(44) Burk RF. Newer roles of selenium. J Nutr 1989; 119: 1051-1057.
(45) Mertz W. Interaction of chromium with insulin: A progress report. Nutr Rev 1998; 56: 147-177.
(46) Jeejeebhoy K. The role of chromium in nutrition and therapeutics and as a potential toxin. Nutr Rev 1999; 57: 329-335.