الفصل التاسع

العناصر المعدنية الكبرى
Major Minerals or Macroelements

● المقدمة ● وظائف العناصر الغذائية ● تقسيم العناصر الغذائية
● الكالسيوم ● الفوسفور ● البوتاسيوم ● الكبريت ● الصوديوم
● الكلور ● المغنسيوم

(٩ , ١) المقدمة Introduction

العناصر المعدنية عبارة عن عناصر غير عضوية يحتاجها جسم الإنسان بكميات قليلة، ولا تنتج طاقة، وتشكل العناصر المعدنية minerals or elements حوالي ٤٪ من وزن الجسم، أي أن الشخص البالغ الذي يزن ٧٠ كيلوجراما يحتوي جسمه على حوالي ٢,٨ كيلوجرام من العناصر المعدنية. ويقدر عدد العناصر المعدنية في جسم الإنسان بحوالي ٣٣، وتوجد معظمها في صورة أيونات حرة موجبة الشحنة cations أو سالبة الشحنة anions ويوجد الباقي في صورة متحدة مع مواد عضوية أو غير عضوية، ولا تختلف نسبة العناصر المعدنية في الجسم من شخص لآخر، فمثلاً يشكل الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت والكلوريد والصوديوم والمغنسيوم والحديد حوالي ٣٩٪، ٢٢٪، ٥٪، ٤٪، ٣٪، ٢٪، ٧,٪، ١٥,٪ من كمية العناصر المعدنية الكلية في الجسم على التوالي كما هو موضح في جدول (١ , ٩).

جدول (١,٩). كمية العناصر المعدنية في جسم الشخص البالغ.

العناصر المعدنية		كمية العناصر المعدنية في جسم الشخص البالغ (جرام)
الكالسيوم	Calcium	١٢٠٠
الفوسفور	Phosphorus	٨٦٠
الكبريت	Sulfur	٣٠٠
البوتاسيوم	Potassium	١٨٠
الكلور	Chlorine	٧٤
الصوديوم	Sodium	٦٤
المغنسيوم	Magnesium	٢٥
الحديد	Iron	٤,٥
الفلور	Fluorine	٢,٦
الزنك	Zinc	٢
النحاس	Copper	٠,١
اليود	Iodine	٠,٠٢٥
الكروم	Chromium	٠,٠٠٦
الكوبالت	Cobalt	٠,٠٠١٥
السليكون	Silico	٠,٠٢٤
الفاناديوم	Vanadium	٠,٠١٨
القصدير	Tin	٠,٠١٧
السيلينيوم	Selenium	٠,٠١٣
المنجنيز	Manganese	٠,٠١٢
النيكل	Nickle	٠,٠١٠
الموليبدنيوم	Molybdenum	٠,٠٠٩

المصدر: Krause and Maham (1979).

(٩,٢) وظائف العناصر المعدنية Functions of minerals

يمكن تلخيص وظائف العناصر المعدنية في جسم الإنسان كالتالي:

١ ـ تكوين وبناء الهيكل العظمي (الأنسجة الصلبة)، ومثالها الكالسيوم والفوسفور والمغنسيوم والتي تدخل في تكوين العظام والأسنان وتكسبها القوة والصلابة.

٢ ـ تركيب الأنسجة الرخوة (الطرية) soft tissue في الجسم، ومثالها اليود الذي يدخل في تركيب الغدة الدرقية thyroid gland وهرمون الثيروكسين thyroxin والحديد الذي يدخل في تركيب الهيموجلوبين hemoglobin والفوسفور والكبريت الذي يدخل في تركيب العضلات، كذلك يسهم الحديد والنحاس والزنك وغيرها من العناصر المعدنية في تنشيط عدد كبير من الإنزيمات، لهذا تسمى بالعوامل المساعدة cofactors.

٣ ـ المحافظة على التوازن الحمض ـ قاعدي acid-base balance في سوائل الجسم (pH = ٧,٣٥ ـ ٧,٤٢)، ومثالها العناصر المعدنية الحامضية (الكبريت، الكلور والفوسفور) والعناصر المعدنية القاعدية (الكالسيوم، البوتاسيوم والمغنسيوم).

٤ ـ الاستجابة للمؤثرات stimuli الخارجية، ونقلها من خلية عصبية إلى أخرى، ومثالها الكالسيوم الذي يلزم لتكوين مركب الأستيل كولين acetylcholin الضروري لذلك كما سيتم توضيحه لاحقًا.

٥ ـ تنظيم الضغط الأسموزي وتوازن الماء، ومثالها البوتاسيوم الموجود في سوائل الجسم داخل الخلايا والصوديوم والكلور الموجودان في السوائل خارج الخلايا، وهي تعمل على تنظيم الضغط الأسموزي وسهولة خروج ودخول الماء من وإلى خلايا الأنسجة.

٦ ـ ارتخاء وانقباض العضلات خصوصًا عضلة القلب، ومثالها البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم التي تعمل على ارتخاء العضلات والكالسيوم الذي يعمل على انقباض العضلات.

(٩,٣) تقسيم العناصر المعدنية Classification of Minerals

يمكن تقسيم العناصر المعدنية تبعًا لكميتها في جسم الإنسان إلى الآتي:

١ ـ العناصر المعدنية الكبرى (الرئيسية) Major or macrominerals elements

وهي العناصر المعدنية التي تصل كميتها في جسم الإنسان إلى حوالي ٥ جرامات أو أكثر (١ , ٠٪ من وزن الجسم أو أكثر) والتي يحتاج منها الإنسان في اليوم إلى حوالي ١ , ٠ جرام أو أكثر، وتشمل الكالسيوم calcium والفوسفور phosphorus والبوتاسيوم potassium والكبريت sulfur والصوديوم sodium والكلور chlorine والمغنسيوم magnesium.

٢ ـ العناصر المعدنية الصغرى Trace or microminerals elements

تقدر كميتها في جسم الإنسان بأقل من ٥ جرامات، وقد قسمت إلى مجموعتين كما سيذكر لاحقًا في الفصل التالي، وتجدر الإشارة إلى أن بعض العناصر المعدنية تتميز بسميتها مثل الزرنيخ والرصاص والزئبق والكادميوم والأنتيمون، ومن المعروف أن الكربوهيدرات والبروتينات والدهون تتحلل أثناء عملية الهضم إلى عناصرها البسيطة، بينما لا تحدث تغيرات إيجابية في الشكل الجزيئي للأملاح المعدنية أثناء هضم الغذاء.

(٩ , ٤) الكالسيوم Calcium (Ca^{2+})

(٩ , ٤ , ١) المقدمة Introduction

يعتبر الكالسيوم العنصر المعدني السائد abundent في جسم الإنسان، فهو يشكل ٢٪ من وزن جسم الفرد البالغ (١ـ٥ , ١ كيلوجرام)، حيث يوجد ٩٩٪ منه في العظام والأسنان متحدًا مع الفوسفور وبعض العناصر الأخرى: ويوجد الباقي (١٪) في بلازما الدم وسوائل الجسم الأخرى والأنسجة الطرية، ولقد أشارت الدراسات إلى حوالي ٥٠٪ من الكالسيوم الموجود في بلازما الدم وسوائل الجسم الأخرى يكون في صورة أيونات حرة (Ca^{2+}) قابلة للتبادل diffusable مع كالسيوم العظام والأسنان والأنسجة الأخرى، ويوجد الباقي متحدًا مع بروتينات البلازما مثل الألبيومين albu-min والجلوبيولين globulin ، وهو غير قابل للتبادل non-diffusable ، بالإضافة إلى وجود نسبة منخفضة (٥٪) من الكالسيوم متحدة مع الأحماض مثل الفوسفوريك والستريك والكبريتيك في صورة معقد قابل للتبادل. يحدث تجديد وتبديل مستمر للكالسيوم في العظام، لهذا يحتاج الشخص البالغ إلى حوالي ٧٠٠ ملليجرام كالسيوم

في اليوم لاستمرار عملية التبادل التي تحدث في العظام، أي أن هناك توازنًا مستمرًا بين الكالسيوم المضاف إلى العظام وبين الكالسيوم المزال منه وذلك بمساعدة خلايا الأستيوبلاستات (بانية العظام) osteoplasts التي ترسب أملاح الكالسيوم أثناء تكوين العظام، وكذلك خلايا الأستيوكلاستات (ناقصة العظام) osteoclasts التي تعمل على إزالة أملاح الكالسيوم الزائدة، وقد وجد أن جسم الإنسان البالغ يرسب حوالي ٦٠٠ ـ ٧٠٠ ملليجرام كالسيوم ويفقد الكمية نفسها في كل يوم.

تقدر نسبة الكالسيوم في الدم بحوالي ١٠ مجم / ١٠٠ ملل (ديسلتر Deciliter)، ويتحكم في ذلك هرمون الغدة فوق الدرقية parathyroid hormone . ويوجد الكالسيوم المكون للعظام ومينا الأسنان الخارجية في صورة ملح هيدروكسي أباتيت hyd-roxyapatite الذي يتكون من الكالسيوم والفوسفات والكربونات، وهو يعطي هذه الأنسجة التركيب البنائي والهيكل الصلب، كما أن الكالسيوم المكون للعظام يوجد في حركة دائمة، حيث إنه يمد الدم بالكالسيوم وبذلك يحافظ على تثبيت مستواه في الدم بشكل مستمر، أي أن هناك تبادلاً مستمرًا بين كالسيوم العظام وأنسجة الجسم المختلفة ويتضح ذلك أثناء الحمل والرضاعة، حيث ينتقل جزء كبير من كالسيوم العظام إلى أنسجة الجسم المختلفة.

(٢، ٤، ٩) وظائف الكالسيوم Functions of calcium

تتمثل الوظائف الفسيولوجية للكالسيوم في جسم الإنسان في الآتي:

١ ـ تكوين وتطوير العظام Formation and develpment of bones

تتمثل الوظيفة الرئيسية للكالسيوم في جسم الإنسان في بناء العظام والهيكل العظمي الذي يكسب الجسم الصلابة وتتكون حوله الأنسجة العضلية muscular tis-sues ، كما أن العظام تكون حواجز وتجاويف حول الأعضاء المهمة في الجسم مثل القفص الصدري حول القلب والرئتين والجمجمة حول المخ، وتتكون العظام بصورة أساسية من الكالسيوم والفوسفور في صورة بلّورات من ملح الهيدروكسي أباتيت (Ca_{10} hydroxyapatite $(PO_4)_6(OH)_2$ المترسب فوق نسيج بروتيني يشكل حوالي ٣٠ـ٤٠٪ من

العظام وهو الكولاجين collagen ، مما يعطي العظام الصلابه والقوة، كما تحتوي العظام على كميات قليلة جدًا من المغنسيوم والصوديوم والموليبدنم والكلور والفلور، ومعظم هذه المعادن لا تُعرف وظيفتها حتى الآن، أما عنصر الفلور فقد أثبتت الدراسات أنه كلما زادت كميته كلما زاد حجم بلّورات الأباتيت وأصبحت العظام أكثر مقاومة للتآكل.

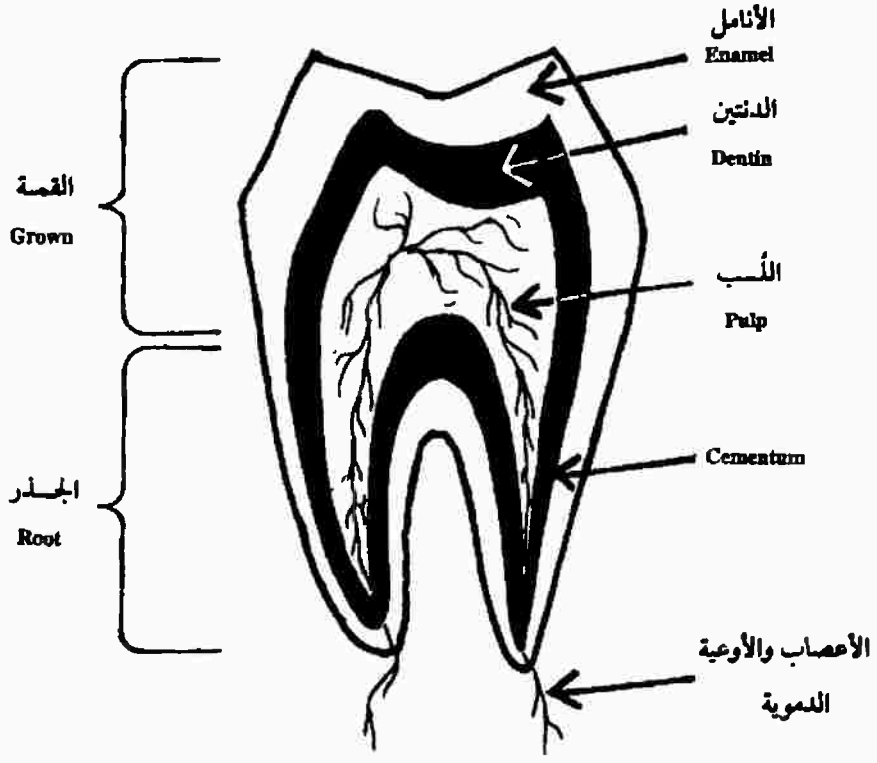
وبشكل عام تشكل المواد غير العضوية (بلّورات الأباتيت بصفة أساسية) حوالي ٦٠-٧٠٪ من وزن العظام الجاف، والمواد العضوية (الكولاجين) حوالي ٣٠-٤٠٪، والماء حوالي ١٥-٢٥٪، ويعتقد بأن عملية التكلس calcification في العظام تحدث نتيجة لتجمع جزيئات فوسفات الكالسيوم الثنائية Ca_2HPO_4 ، التي تتكثف ثلاثة جزيئات منها لتكون جزيء فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ ، يلي ذلك انضمام أيونات الفلور (F) والهيدروكسيل (OH^-) والكربونات (CO^{2+}) لتكون المركب البلّوري المعروف باسم هيدروكسي أباتيت $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ والمسؤول عن إعطاء الهيكل الصلب للعظام.

وبالإضافة إلى الكالسيوم والفوسفور والمعادن الأخرى والتي تدخل في تكوين العظام فإن هناك عوامل أخرى لها دور أساسي في بناء العظام مثل فيتامين د (Vit.D) اللازم لامتصاص الكالسيوم، والفوسفور وفيتامين جـ (Vit. C) والمغنسيوم والمنجنيز الضرورية لتكوين الكولاجين والمواد اللاحمة الأخرى، وإنزيم الفوسفوتيز Phos-photase الضروري لعملية التكلس، حيث يساعد على فصل مجموعة الفوسفات من الإسترات العضوية.

٢ ـ تكوين وتطوير الأسنان Formation and development of teeth

يدخل الكالسيوم والفوسفور في تكوين الأسنان، كما هو الحال بالنسبة للعظام. وتتكون الأسنان من طبقة الأنامل enamel الخارجية التي تحتوي على ٩٩,٥٪ مواد غير عضوية (منها ٣٧٪ كالسيوم و ١٧٪ فوسفور) و ٠,٥٪ مواد عضوية (بروتين الكيراتين keratin) ، يليها طبقة الدنتين dentin المحيط بلب السن tooth pulp والتي تحتوي على

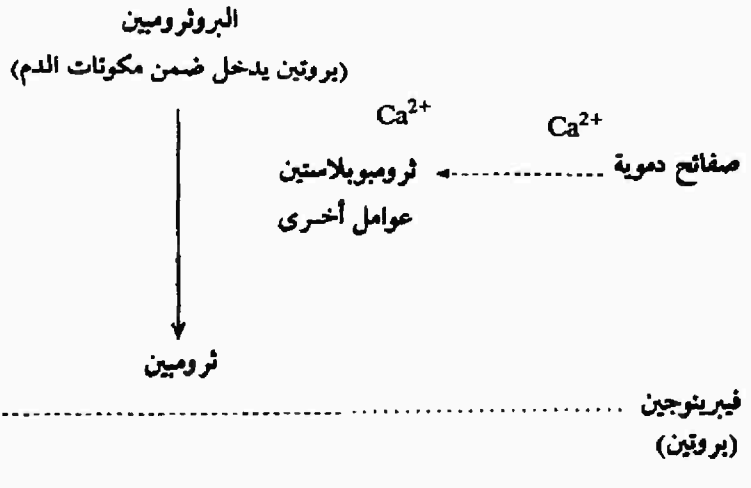
٧٧٪ مواد غير عضوية (٤٥٪ كالسيوم و ١٢٪ فوسفور) و ٢٣٪ مواد عضوية (بروتين الكولاجين colagen) . وتنصح الأم أثناء فترة الحمل والرضاعة بزيادة الكميات المتناولة من الكالسيوم والفوسفور (٤ أكواب حليب في اليوم) نظرًا لأن أسنان الجنين تبدأ في التكوين من الأسبوع الخامس من الحمل، بينما يحدث التكلس calcification في الأسبوع العشرين، كما يوصَى بإعطاء الطفل بعد الولادة احتياجاته الكاملة من الكالسيوم نظرًا لأن أسنانه تبدأ في الظهور بعد الشهر الرابع حتى يبلغ ثلاث سنوات، بينما يبدأ تكلس ضروس العقلwisdom teeth ما بين عمر ٨ـ١٠ سنوات، تقدر نسبة الكالسيوم في أسنان الشخص البالغ بحوالي ١٪ من الكالسيوم الكلي في الجسم، أي حوالي ١١ جراما. والشكل (١, ٩) يوضح تتابع الطبقات في السن.



شكل (١, ٩). تتابع الطبقات في السن.

٣ ـ المساعدة على تجلط الدم Aid clotting of blood

إن تجلط الدم يعتمد على عدة عوامل، منها محتوى الدم من الكالسيوم، الذي يعمل على تحفيز بعض مراحل عملية التجلط كما ذكر سابقًا، فمثلاً عند حدوث قطع أو جرح في الجسم تنطلق أيونات الكالسيوم الحرة التي تشكل حوالي ٥٠٪ من كالسيوم الدم الكلي إلى المكان المصاب، مما يحفز الصفائح الدموية blood platelets المصابة على إفراز الثرومبوبلاستين thromboplastin الذي يحول البروثرومبين prothrombin إلى ثرومبين thrombin بمساعدة الكالسيوم، ثم يعمل الثرومبين على تحويل مادة الفيبرينوجين fibrinogen القابلة للذوبان في الماء إلى مادة الفيبرين fibrin الصلبة والمكونة لجلطة الدم blood clot . يتبين مما سبق ذكره أن تناول وجبات غذائية غنية بالكالسيوم له تأثير مباشر على الفترة الزمنية اللازمة لحدوث تجلط الدم، وفيما يلي خطوات تكون جلطة الدم بمساعدة الكالسيوم:



٤ ـ تحسين نفاذية أغشية الخلايا Improve permeability of cell membranes

يعمل الكالسيوم على زيادة نفاذية أغشية الخلايا، مما يساعد على حدوث عملية الامتصاص للعناصر الغذائية في الأمعاء، وكذلك تسهيل مرور السوائل وبعض الأيونات ions إلى داخل وخارج الخلايا، وهذا كله يحافظ على توازن محتويات الخلايا، يتحكم في وصول الغذاء إلى الخلايا.

٥ ـ تنظيم انقباض العضلات Regulation of muscular contractions

يتطلب حدوث انقباض وارتخاء relaxation في عضلات القلب cardiace muscles أو عضلات العظام skeletal muscles وجود نسبة معينة من الكالسيوم، حيث إن العضلات تتألف من ألياف عضلية myofibrils مكونة من لاكتين وميوسين وأنسجة شبكية أنبوبية tubular reticulums مرتبط بها الكالسيوم، وتنطلق ذرات الكالسيوم وتنفصل عن الأنسجة الشبكية الأنبوبية عند حدوث الانقباض contraction ، بينما ترتبط معها عند حدوث الارتخاء relaxation ويساعد على ذلك عناصر معدنية أخرى مثل البوتاسيوم والمغنسيوم.

٦ ـ نقل منبهات الأعصاب Transmission of nerve impulse

يساعد الكالسيوم على تكوين مادة الأستيل كولين acetylcholin اللازمة لنقل منبهات الأعصاب nerve impulse عند نقط اتصال الأعصاب ببعضها synapses أو عند نقطة اتصال الأعصاب مع العضلات، كما أن الكالسيوم ينشط الإنزيم المحلل للمادة الناقلة لمنبهات الأعصاب، مما يؤدي إلى نقل الرسائل العصبية من خلية إلى أخرى.

$$\text{أستيل كولين} \xrightarrow[\text{كولين أستيريز}]{Ca^{2+}} \text{حمض الأستيك + كولين}$$

(Acetylcholin) Cholinesterase (Acetic acid) (Choline)

٧ ـ تنشيط الإنزيمات Activation of enzymes

يساعد الكالسيوم في تنشيط العديد من إنزيمات التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الجسم مثل إنزيم الليبيز البنكرياسي pancreatic lipase و adenosine triphosphatase (ATPase) وسكسنيك دي هيدروجنيز succinic dyhydrogenase والفوسفاتيز الحامضي acid phosphatase وكولين إستيريز cholinesterase وإنزيمات أخرى محللة للبروتين.

٨ ـ وظائف أخرى Other functions

يساعد الكالسيوم على امتصاص الكوبالامين (فيتامين ب ١٢) من الأمعاء واللفائفي ileum ، وينظم إفراز الأنسولين من البنكرياس، ويسبب حدوث زيادة في طول الشخص، ويساعد على إفراز الحليب وتخثره في المعدة، ويحسن من امتصاص الكربوهيدرات .

(٣, ٤, ٩) مصادر الكالسيوم الغذائية Dietary sources of calcium

يعد الحليب ومشتقاته من أغنى المصادر الغذائية بالكالسيوم، حيث إن تناول الشخص البالغ كوبا واحدا من الحليب الكامل الدسم أو الفرز يمده بحوالي ٢٩٠ ملليجرام كالسيوم في اليوم، كما أن احتواء الحليب على سكر اللاكتوز وفيتامين د يزيد من معدل امتصاص الكالسيوم فيه، ولضمان حصول الشخص على احتياجاته اليومية من الكالسيوم، فإنه يوصى بتناول كوبين من الحليب للبالغين وثلاثة أكواب للأطفال والحوامل والمسنين وأربعة أكواب للمراهقين والمرضعات، كذلك تعد اللحوم من المصادر الغذائية الغنية بالكالسيوم، حيث إن تناول ٩٠ جراما (٣ أوقيات) من السارديين بالعظم sardines أو السالمون المعلب بالعظام canned salmon أو ثلاثة أرباع كوب من المحار oysters يمد الجسم بحوالي ٣٧٢ ملليجراما و ١٦٧ ملليجراما و ١٧٠ ملليجراما كالسيوم على التوالي، وتعتبر الخضروات الورقية الخضراء من أغنى المصادر النباتية بالكالسيوم خصوصا السبانخ والراوند rhubarb ، إلا أنها تحتوي على حمض الأكساليك oxalic acid الذي يرتبط بالكالسيوم لتكوين معقد غير قابل للامتصاص من خلال جدار الأمعاء، كما أن الحبوب الكاملة تحتوي على حمض الفيتيك phytic acid الذي يتحد مع الكالسيوم لتكوين معقد غير قابل للامتصاص، وتعتبر الخضروات الورقية الخضراء الخالية من حمض الأكساليك، بالإضافة إلى أنها مصدر جيد للكالسيوم فإنها تسهل امتصاصه في الأمعاء. لا يستطيع بعض الأطفال تناول الحليب كمصدر للكالسيوم نظرًا لأنه يسبب الحساسية alergy أو لعدم تحمل اللاكتوز lactose intoler-ance ، لهذا فإن هؤلاء الأطفال يمكن أن يتغذوا على مصادر أخرى للكالسيوم مثل حليب فول الصويا المدعم fortified soy milk أو على مدعمات أملاح الكالسيوم cal-

cium salt supplements مثل جلوكونات الكالسيوم calcium gluconate ولاكتات الكالسيوم calcium lactate وكربونات الكالسيوم calcium carbonate وكبريتات الكالسيوم calcium sulphate ومترات الكالسيوم، كما يمكن للمرأة الحامل والمرضع الاعتماد على هذه المصادر للحصول على احتياجاتها العالية من الكالسيوم، ويعتبر الفول السوداني peanut وفول الصويا مصدرين لا بأس بهما للكالسيوم، لكن المصدر الأول يحتوي على حمض الأكساليك المضاد لامتصاص الكالسيوم، ويتضمن الجدول (٢، ٩) محتوى بعض الأغذية من الكالسيوم.

جدول (٢، ٩). محتوى بعض الأغذية من الكالسيوم calcium والفوسفور phosphorus.

الأغذيـــــة	مقدار وحدة التقديم الواحدة (متوسط الحصة Average serving)	الكالسيوم (ملليجرام)	الفوسفور (ملليجرام)
فول سوداني محمص بالقشرة	ثلثا كوب	٦٩	٣٩١
لحم الديك الرومي ـ مشوي	٣ أوقية	٧	٢١٣
سمك الهلبوت halibut ـ مشوي	٤,٥ أوقية	٢٠	٣١٠
حليب فرز	١ كوب (٨ أوقية)	٢٩٦	٢٣٣
حليب كامل الدسم	١ كوب (٨ أوقية)	٢٨٨	٢٢٧
لحم الدجاج ـ مشوي	٣,٣٣ أوقية	١٢	٢٤٢
لحم بقري مفروم ـ همبركر	٣ أوقية	١٠	١٩٦
محار oyster ـ غير مطهو	٦ حبات	٨١	١٢٣
جبن شدر cheddar			
بازلاء مطهوة	ثلثا كوب	٢٥	١٠٥
بيض poached	١ حبة كبيرة	٥١	١٢١
شرائح القمح	١ كوب	١٢	٨٣
ذرة سكرية sweet corn ـ معلبة	ثلثا كوب	٤	١٠٢
سبانخ مطهوة	نصف كوب	٨٩	٣٤
خبز أبيض مدعم	١ شريحة	٢١	٢٤
بطاطس مطهوة*	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	٦	٤٨

تابع جدول (٢ , ٩).

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (متوسط الحصة Average serving)	الكالسيوم (ملليجرام)	الفوسفور (ملليجرام)
الخضروات الورقية الخضراء والصفراء*	نصف كوب (٧٥ جراما)	٤٤	٢٨
برتقال*	١ حبة متوسطة	٥٥	٣٥
بازلاء جافة مطهوة*	١ كوب	٩٠	١٧٠
بازلاء خضراء مطهوة*	نصف كوب	٢٠	٥٥
فاصوليا خضراء مطهوة*	نصف كوب	٣٠	٢٥
الحبوب المطهوة (أرز، معكرونة . . الخ)*	نصف كوب (١٠٠ جرام)	٩	٧٣
السبانخ المطهوة*	نصف كوب	٨٥	

المصدر : Krause and Maham (1979) والأغذية المؤشرة بعلامة * مأخوذة من مصادر أخرى متعددة، إن الكالسيوم الموجود في السبانخ يكون في صورة غير قابلة للامتصاص نظرًا لاتحاده مع حمض الأكساليك oxalic acid الموجود فيها.

(٩ , ٤ , ٤) أعراض نقص الكالسيوم Deficiency of calcium

تظهر أعراض نقص الكالسيوم على الشخص بسبب تناول وجبات غذائية فقيرة في محتواها من الكالسيوم أو فيتامين د الذي يحفز على امتصاص الكالسيوم من الأمعاء. كذلك قد تظهر الأعراض بسبب خلل فسيولوجي يؤدي إلى ضعف في امتصاص الكالسيوم، وتتمثل أعراض نقص الكالسيوم لدى الإنسان في التالي:

١ ـ مسامية (تخلخل) العظام Osteoporosis

يؤدي قلة توافر الكالسيوم في الغذاء لمدة طويلة خلال مرحلة البلوغ إلى سحب المعادن demineralization من العظام وضمورها وانخفاض كثافتها وسهولة كسرها fragile وصعوبة التئام الكسور بها، ويصاب الأشخاص المسنون بمرض مسامية العظام نتيجة لانخفاض معدل امتصاص الكالسيوم بسبب تقدم العمر، وبشكل عام فإن الاهتمام بتناول الكالسيوم في مرحلة الطفولة والشباب (٨٠٠ ملليجرام في اليوم)

يساعد على منع حدوث مسامية العظام في مرحلة الشيخوخة، لأن هذا يؤدي إلى زيادة مخزون الكالسيوم في العظام، ويمكن تلخيص أسباب حدوث مسامية العظام في التالي:

(أ) تناول أغذية فقيرة في محتواها من الكالسيوم لمدة طويلة خصوصًا في مراحل الطفولة والشباب.

(ب) انخفاض في معدل امتصاص الكالسيوم نتيجة الإصابة ببعض الأمراض في الجهاز الهضمي مثل مرض التغوط الدهني steatorrhoea أو نتيجة نقص تناول فيتامين د في الوجبة الغذائية.

(جـ) حدوث تغيرات هرمونية خصوصًا في النساء بعد سن انقطاع الطمث menopause (٤٥-٥٠ سنة)، حيث يحدث انخفاض في إفراز الجسم لهرمونات الجنس sexhormones خصوصًا الاستروجين estrogen ، إلا أنه لا تعرف ميكانيكية انخفاض الاستروجين في إحداث فقدان الكالسيوم من العظام، ولقد وجد أن أعراض مسامية العظام تكون واضحة في العظم الحوضي pelvic bone (ضمور عظام الحوض).

(د) تكرار الحمل والرضاعة دون تناول كمية مناسبة من الكالسيوم.

(هـ) النشاطات العضلية والتدخين وعوامل وراثية لها تأثير على حدوث مسامية العظام.

وتجدر الإشارة إلى أنه يحدث ضمور في طول وحجم عظام الشخص المصاب بمسامية العظام مقارنة بعظام الشخص السليم، ولا يمكن معالجة هذا المرض بإعطاء جرعات من فيتامين د إلا أن تناول كميات الكالسيوم الموصى بها خلال مراحل العمر المختلفة يقي الإنسان من الإصابة بهذا المرض.

٢ ـ الكساح Rickets

هو عبارة عن مرض يصيب الأطفال نتيجة نقص مخزون الكالسيوم في العظام، ولا تحدث الإصابة بالكساح نتيجة تناول أغذية فقيرة في الكالسيوم، ولكنها تحدث بسبب قلة توافر فيتامين د في الوجبة، مما يؤدي إلى مرور الكالسيوم في الأمعاء دون أن يمتص لأن نقص

فيتامين د يقلل من إنتاج البروتين الذي يرتبط بالكالسيوم عند عبوره جدار الأمعاء، كما أن عدم القدرة على تخزين الكالسيوم في عظام الأطفال يؤدي إلى ظهور أعراض أخرى مثل تقوس الأرجل bowed legs ، وتضخم عظام الرسغ wrist وتأخر النمو growth retardation وتشوهات في عظام القفص الصدري (صدر الحمامة) وتقوس العامود الفقري وتضخم النهاية السفلى لعظم الفخذ femur وقصر الساق tilia ، وتكثر الإصابة بمرض الكساح بين الأطفال الذين يعيشون في المناطق الصناعية، حيث إن الدخان والغبار يعملان على حجب الأشعة فوق البنفسجية اللازمة لتصنيع فيتامين د تحت الجلد من مركب ٧ ـ ديهيدرو كوليسترول، كما ينتشر المرض بين الطبقات الفقيرة نظرًا لأنها تعتمد في تغذيتها على الأطعمة الرخيصة الثمن مثل الحبوب والبقوليات التي تتميز باحتوائها على نسب مرتفعة من حمض الفيتيك المثبط لامتصاص الكالسيوم.

٣ ـ التشنج (التكزز) Tetany

يحدث التكزز نتيجة لانخفاض مستوى الكالسيوم في الدم إلى ما يتراوح بين ٤ و ٨ ملليجرامات/ ١٠٠ ملليلتر، ويؤدي ذلك إلى تشنجات لا إرادية spasms في الأطراف extremities نتيجة تهيج الأعصاب والعضلات، ولهذا تسمى هذه الحالة أحيانًا بتشنج الكالسيوم calcium tetany ، ولقد وجد أن هذا المرض يمكن أن يصيب الأطفال والبالغين، إلا أنه يحدث بمعدل أكبر بين الأطفال خصوصًا الذين يعتمدون في تغذيتهم على حليب الزجاجة الصناعي bottle feeding ، كما وجد أن الإصابة بمرض التكزز لا يكون بسبب قلة توافر الكالسيوم في الغذاء، ولكنها تعزى إلى عدة عوامل متعددة من أهمها:

(أ) تناول أغذية فقيرة في محتواها من فيتامين د الذي يحفز على امتصاص الكالسيوم من خلال جدار الأمعاء.

(ب) انخفاض في إفراز هرمون الباراثيرويد (PTH) بسبب حدوث خلل أو قصور في وظيفة الغدة الجنبدرقية parathyroid ، حيث إن هذا الهرمون ينظم مستوى الكالسيوم في الدم.

(جـ) ضعف في امتصاص الكالسيوم من الأمعاء.

(د) الإصابة بمرض الكساح أو أمراض الكلى أو لين العظام أو الأمراض المعدية،

حيث إن التكزز يرتبط بهذه الأمراض بالنسبة للأشخاص البالغين.

وتجدر الإشارة إلى أن معدل امتصاص الكالسيوم من حليب الأم أكبر من معدل امتصاصه من حليب البقر نظرًا لأن نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في حليب الأبقار أكثر من ٢ : ١ . ويمكن معالجة مرض التكزز بإعطاء المريض جرعات كبيرة من الكالسيوم في صورة مستحضر طبي، بالإضافة إلى تناول أغذية غنية بالكالسيوم وفيتامين د مثل الحليب (٢ كوب في اليوم) ومشتقاته.

٤ ـ لين العظام Osteomalacia

يصاب الشخص بمرض لين العظام نتيجة لاستنزاف المواد اللاعضوية من العظام خصوصًا الكالسيوم والفوسفور بسبب نقص مستوى الكالسيوم في الدم أو قلة توافره في الغذاء، ويصيب هذا المرض بكثرة النساء الحوامل اللاتي يتكرر حملهن، حيث يؤدي هذا إلى استنزاف مخزون الكالسيوم في العظام، ومن أسباب الإصابة بمرض لين العظام تناول الشخص وجبات غذائية فقيرة في محتواها من الكالسيوم وفيتامين د وعدم التعرض إلى ضوء الشمس، بالإضافة إلى الإصابة بأمراض في الجهاز الهضمي مثل مرض التغوط الدهني steatorrhoea ومرض السلياك celiac disease اللذين يصاحبهما إسهال وخروج كمية كبيرة من الدهن، حيث إن الدهن غير الممتص يتحد مع الكالسيوم في الأمعاء لتكوين صابون soaps غير قابل للذوبان والامتصاص من خلال جدار الأمعاء، كما أن أمراض الكلى المزمنة تسبب خروج كمية كبيرة من الكالسيوم مع البول، ويتميز مرض لين العظام بضعف عام وطراوة العظام وآلام في الأرجل والضلوع وضعف في العضلات، كما يجد المريض صعوبة في صعود السلالم أو المشي، ولقد أمكن معالجة بعض حالات من مرض لين العظام بإعطاء جرعات من فيتامين د.

وتجدر الإشارة إلى أن عظام الشخص المصابة بمرض لين العظام تكون متشابهة في حجمها مع العظام السليمة، إلا أنها تكون أقل في محتواها من الكالسيوم والفوسفور.

(٥، ٤، ٩) احتياجات الكالسيوم اليومية Daily requirements of calcium

لقد حددت احتياجات الكالسيوم اليومية للبالغين على أساس أنها تفي باحتياجات الجسم وتغطي الفاقد اليومي منه مع البراز (١٢٥ ملليجراما) والبول (١٧٥ ملليجراما)

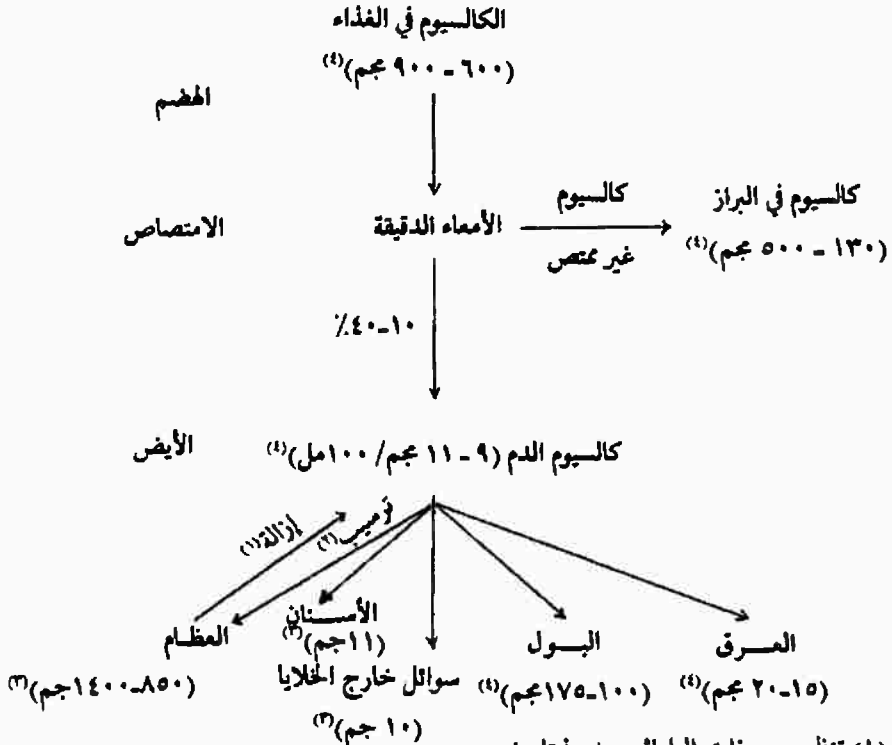
والعرق (٢٠ ملليجراما)، أي أن الكميات المتناولة من الكالسيوم يجب أن تؤدي إلى توازن موجب لهذا العنصر داخل الجسم (حيث تكون الكمية المتناولة أكبر من الكمية المفقودة)، وتوصي هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) بتناول ٨٠٠ ملليجرام من الكالسيوم يوميًا للأطفال والبالغين والمسنين و ١٢٠٠ ملليجرام للمراهقين (١١-١٨ سنة) والحوامل والمرضعات، كما أوصت منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO بتناول ٤٠٠-٥٠٠ ملليجرام من الكالسيوم يوميًا للأطفال ما بين عمر ١-٩ سنوات وللبالغين والبالغات، و ٦٠٠-٧٠٠ ملليجرام يوميًا للمراهقين والمراهقات (١٠-١٥ سنة) و ٥٠٠-٦٠٠ ملليجرام للرضع والمراهقين والمراهقات ما بين ١٦-١٩ سنة، أما الحوامل والمرضعات فقد حددت الكمية المتناولة يوميًا من الكالسوم بحوالي ١٠٠٠-١٢٠٠ ملليجرام.

يتضح مما ذكر أعلاه أن هناك زيادة كبيرة في كمية الكالسيوم التي تتناولها المرأة أثناء فترة الحمل والرضاعة، ويعزى ذلك إلى زيادة حاجة الأم وإلى نمو وتطور الهيكل العظمي في الجنين، وكذلك لتكوين الحليب، وقد أشارت الدراسات إلى أن الجنين يحتاج إلى حوالي ٣٠ جراما من الكالسيوم حتى يصل إلى النمو الكامل له، كما يفرز يوميًا حوالي ٣٠٠ ملليجرام من الكالسيوم في حليب الأم.

(٩,٤,٦) امتصاص الكالسيوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storge of calcium

يُمتص الكالسيوم جزئيًا (١٠-٤٠٪) في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة حيث يميل الوسط به إلى الحموضة وذلك بطريقة النقل النشيط active transport (يتصل فيها الكالسيوم بالبروتين الناقل للكالسيوم Ca-carrier protein وتتطلب طاقة)، وأحيانًا بطريقة الانتشار passive diffusion (من التركيز العالي في الأمعاء إلى التركيز المنخفض في الدم) إلى الدم مباشرة. أما الكالسيوم غير الممتص من خلال جدار الأمعاء الدقيقة فإنه يخرج مع البراز، ويكون معظمه في صورة أملاح غير قابلة للذوبان في الماء، وتكون كمية الكالسيوم في البراز عالية، إذا كانت الوجبة الغذائية محتوية على نسبة عالية من حمض الأكساليك والفيتيك ونسبة منخفضة من فيتامين د. ثم ينتقل الكالسيوم في صورة حرة بواسطة بلازما

الدم إلى أنسجة الجسم المختلفة مثل العظام والأسنان، ويخرج الزائد مع البول، ويوجد الكالسيوم في الدم بتركيز ثابت يتراوح ما بين ٩-١١ ملليجراما / ١٠٠ ملليليتر من الدم، وينظم ذلك هرمونات الباراثيرويد، تحتوي العظام على حوالي ٩٩٪ من كمية الكالسيوم في الجسم، ولهذا فهي تعتبر المخازن الرئيسية للكالسيوم، ويوجد فيها الكالسيوم في صورة مخازن إبرية trabeculae في أطراف العظام عندما يكون مستوى الكالسيوم في الجسم مناسبًا، ويسهل سحب الكالسيوم من هذه المخازن عند الحاجة إليه. ويوضح شكل (٢ , ٩) امتصاص ونقل وتخزين وإخراج الكالسيوم في الإنسان.



(١) تنظم بهرمونات الباراثيرويد وفيتامين د.

(٢) ينظم بفيتامين د وفيتامين جـ وهرمون الكالسيتونين.

(٣) الكمية الكلية في الأنسجة.

(٤) الكميات المتبادلة يوميًا.

شكل (٢ , ٩). امتصاص الكلسيوم ونقله وتخزينه وإخراجه في الإنسان.

(٧, ٤, ٩) العوامل التي تؤثر على امتصاص الكالسيوم Factors affecting on absorption of calcium

هناك عدة عوامل تحدد امتصاص الكالسيوم من خلال جدار الأمعاء أهمها:

١ ـ احتياجات الجسم Body needs

يختلف معدل امتصاص الكالسيوم من شخص لآخر حسب احتياجات الجسم، فمثلاً تتراوح نسبة امتصاص الكالسيوم في الشخص البالغ السليم ما بين ١٠ و ٤٠٪، بينما تزداد هذه النسبة في الحوامل والمرضعات إلى ٥٠ـ٦٠٪، كما أن نسبة امتصاص الكالسيوم من حليب الأم في الأطفال تصل إلى حوالي ٧٥٪ نظرًا لأن هذه الفترة الزمنية يحدث فيها أكبر معدل للنمو بالنسبة للطفل، إلا أن معدل استفادة الطفل من الكالسيوم في حليب الأبقار لا تتجاوز ٤٠٪ على الرغم من احتوائه على نسبة أعلى من الكالسيوم عما في حليب الأم.

٢ ـ كمية الكالسيوم في الغذاء Quantity of calcium in food

أشارت الدراسات إلى أن نسبة الكالسيوم الممتصة من الغذاء تقل كلما زادت الكمية المتناولة منه والعكس، لهذا يلاحظ أن معدل امتصاص الكالسيوم يكون مرتفعًا في المجتمعات التي اعتادت على تناول كميات منخفضة منه في الغذاء.

٣ ـ حموضة المعدة والأمعاء Acidity of gastrointestinal tract

يزداد امتصاص الكالسيوم من الأمعاء إذا كان الوسط حامضيا، وذلك نتيجة لارتفاع معدل ذوبانه فيه، لهذا يعتبر حمض الهيدروكلوريك في المعدة من العوامل المهمة التي تؤثر على امتصاص الكالسيوم، ويؤدي تناول بعض الأغذية إلى زيادة حموضة الجهاز الهضمي وبالتالي زيادة معدل امتصاص الكالسيوم منه، ومن الأمثلة على ذلك الحبوب cereals والأغذية البروتينية protein food وسكر لاكتوز الحليب الذي يتحول إلى حمض لاكتيك في المعدة مما يؤدي إلى ارتفاع حموضتها، كما أن سكر اللاكتوز يتحد مع الكالسيوم ليكون معقد كالسيوم وسكرًا ذائبًا في الماء، مما يسهل مرور الكالسيوم من

خلال جدار الأمعاء الدقيقة ويحسن من امتصاصه، أي أن الكالسيوم يشابه فيتامين د في وظيفته، ولكن في الوسط القاعدي تتكون أملاح فوسفات الكالسيوم الثلاثية التي لا تذوب بسهولة في الماء، مما يجعل امتصاص الكالسيوم صعبًا وضعيفًا.

٤ ـ فيتامين د Vitamin D

يزيد وجود فيتامين د من معدل امتصاص الكالسيوم، وذلك من خلال تحسينه لنفاذية جدار الأمعاء، لهذا فإن تدعيم الحليب بفيتامين د يضمن حصول الطفل على احتياجاته اليومية منه، بالإضافة إلى أنه يزيد من امتصاص الكالسيوم والفوسفور من الحليب، ويتحكم هرمون الباراثيرويد (PTH) الذي يفرزه الجسم عندما ينخفض مستوى الكالسيوم في الدم في تصنيع فيتامين د النشيط. حيث يعمل هرمون الباراثيرويد على تحفيز الكليتين على تحويل فيتامين د ٣ غير النشيط (25-OH D3) إلى فيتامين د٣ النشيط (1,25-[OH]D) الضروري لتكوين حامل البروتين protein carrier الذي يرتبط به الكالسيوم عند عبور جدار الأمعاء الدقيقة، كما يحفز فيتامين د بمساعدة هرمون الباراثيرويد على تعبئة وتخزين الكالسيوم في العظام.

٥ ـ نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في الوجبة Ratio of calcium to phosphorus in diet

يؤدي وجود الكالسيوم والفوسفور في الوجبة الغذائية بنسبة ٢ : ١ إلى حدوث أعلى مستوى لامتصاص الكالسيوم في الأشخاص البالغين، أما بالنسبة للأطفال والحوامل والمرضعات، فإن أعلى امتصاص للكالسيوم يتم عندما تكون نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في الوجبة ١ : ١، ويؤدي زيادة نسبة أحد العنصرين إلى ترسيب العنصر الآخر وإلى تكوين أملاح فوسفات الكالسيوم الصعبة الذوبان، وقد وجد أن تناول كميات كبيرة من المشروبات الخفيفة soft drinks والأغذية المصنعة الغنية بمضافات الفوسفات phosphate additives يقلل من امتصاص الكالسيوم نظرًا لأنها تزيد من نسبة الفوسفور، أي تقلل من نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور.

٦ ـ وجود البروتين في الوجبة Presence of protein in diet

يؤدي وجود البروتين في الوجبة الغذائية إلى زيادة معدل امتصاص الكالسيوم في الأمعاء، وقد يرجع ذلك إلى سهولة ذوبان الكالسيوم في محاليل الأحماض الأمينية أو لأن الكالسيوم يكون مع الأحماض الأمينية وخصوصاً اللايسين والأرجنين والسيرين معقدًا يسهل مروره من خلال جدار الأمعاء، إلا أن تناول كميات زائدة من البروتين يؤدي إلى إخراج الكالسيوم مع البول.

٧ ـ وجود حمض الفيتيك في الوجبة الغذائية Presence of phytic acid in diet

يؤثر وجود حمض الفيتيك في الغذاء سلبيًا على امتصاص الكالسيوم، حيث يشكل مع الكالسيوم معقدًا غير ذائب في الماء insoluble calcium complex (فيتات الكالسيوم) ويصعب امتصاصه من خلال جدار الأمعاء، وهو يخرج مع البول وكثيراً ما يتراكم في المجاري البولية مشكلاً الحصى، وتحتوي الحبوب الكاملة (القشور الخارجية) والبقوليات legumes على نسب مرتفعة من حمض الفيتيك الذي لا يقتصر ضرره على خفض نسبة امتصاص الكالسيوم بل إنه يضعف من امتصاص بعض العناصر المعدنية الأخرى مثل الزنك والحديد والمغنسيوم، مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقصها على الشخص، وتجدر الإشارة هنا إلى أن حمض الفيتيك يمكن استعماله في الحالات التي تستدعي خفض نسبة امتصاص الكالسيوم.

٨ ـ وجود كمية كبيرة من الألياف في الوجبة الغذائية Presence of excess amount of dietary fiber in diet

يتعارض احتواء الوجبة الغذائية على كمية مفرطة من الألياف الغذائية مع امتصاص الكالسيوم نظرًا لأن الألياف تكون غنية بحمض الأكساليك oxalic acid الذي يتحد مع الكالسيوم لتكوين أكسالات الكالسيوم (أملاح لا تمتص) غير القابلة للذوبان في الماء، مما يعوق امتصاص الكالسيوم، ويخرج معقد أكسالات الكالسيوم مع البول وكثيراً ما يتراكم في المجاري البولية مشكلاً الحصى، كما تحتوي الألياف على

حمض الفيتيك phytic acid وحمض اليورنيك uronic acid وكلاهما يكون مع الكالسيوم معقداً غير قابل للذوبان في الماء، ويوجد حمض الأكساليك العضوي في العديد من الأغذية مثل الكاكاو cocoa والراوند rhubarb والشوندر السويسري swiss chard ، وتجدر الإشارة هنا إلى أن السبانخ وبعض الخضروات الأخرى تحتوي على نسبة مرتفعة من الكالسيوم الذي يكون مع حمض الأكساليك معقدا غير قابل للذوبان في الماء مما يضعف من امتصاص الكالسيوم كما ذكر آنفا.

٩ ـ فيتامين جـ Vitamin C

يزيد فيتامين جـ من نسبة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء، لأنه يسهل من ذوبان أملاح الكالسيوم.

١٠ ـ وجود كمية كبيرة من الدهن في الوجبة الغذائية Presence of excess fat in diet

تؤدي الكمية الزائدة من الدهن في الغذاء إلى خفض معدل امتصاص الكالسيوم من الأمعاء، حيث إن الأحماض الدهنية المشبعة طويلة السلسلة تكون صابونا كلسيا calcium soaps غير قابل للذوبان في الماء، وبسبب ذلك خروج الكالسيوم مع البراز، إلا أن الأحماض الدهنية القصيرة والمتوسطة السلسلة الكربونية لا تؤثر سلبيًا على امتصاص الكالسيوم، كما أن امتصاص الكالسيوم يتأثر سلبيًا بجميع العوامل التي تقلل من امتصاص الدهن مثل أمراض الجهاز الهضمي أو نقص إفراز أملاح الصفراء.

١١ ـ النشاطات العضلية Physical activities

تعمل النشاطات الرياضية على زيادة معدل امتصاص الكالسيوم من الأمعاء والعكس، كما أن الإرهاق والتعب يقلل من معدل امتصاص الكالسيوم من الأمعاء.

١٢ ـ هرمونات النمو Growth hormones

تعمل هرمونات النمو على زيادة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء، حيث إنها

تكون مركبات كالسيوم وأحماضا أمينية قابلة للذوبان في الماء.

(٨, ٤, ٩) زيادة مستوى الكالسيوم في الدم Hypercalcemia

يعرف ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم عن المستوى الطبيعي بـ hypercalcemia أو calcium rigor ، وهو يؤدي إلى انقباض ألياف العضلات muscle fibers وعدم قدرتها على الارتخاء relaxation ، وتتمثل أعراض زيادة مستوى الكالسيوم في الدم بحدوث تصلب وتيبس في العضلات وترسب الكالسيوم في الأنسجة الطرية soft tissue وارتفاع مستوى الكالسيوم الخارج مع البول وفقد الشهية للأكل ونزيف في الجهاز الهضمي gastrointestinal bleeding وارتفاع ضغط الدم والكوليسترول في الدم، وقد تؤدي زيادة مستوى الكالسيوم في الأطفال إلى حدوث تكلس في القلب والكليتين وتلف وتأخر عقلي في المخ، ويؤدي ذلك في النهاية إلى موت الطفل، ويمكن تلخيص أسباب ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم كالتالي:

(أ) تناول كميات مفرطة من فيتامين د الذي يعمل على تنشيط امتصاص الكالسيوم في القناة الهضمية.

(ب) زيادة معدل نشاط الغدة الجنبدرقية، ويحدث ذلك فقط في الأشخاص الكبار، ويسمى الهرمون الذي تفرزه الغدد الجنبدرقية عند انخفاض مستوى الكالسيوم في الدم بالباراثورمون parathormone ، وهو يعمل على زيادة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء وزيادة انطلاق وتحرك الكالسيوم من العظام إلى الدم وزيادة إعادة امتصاص الكليتين renal resorption للكالسيوم.

(٩, ٤, ٩) تنظيم مستوى الكالسيوم في الدم Adjustment of calcium level in blood

يبقى مستوى الكالسيوم في الدم دائمًا ثابتًا في الحالات الطبيعية وهو ١٠ ملليجرامات/ ١٠٠ ملليلتر من الدم، ويتم تنظيم ذلك بواسطة الغدد الجنبدرقية parathyroid glands الأربع التي تقع على سطح الغدة الدرقية thyroid ، كل اثنتين على جانب منها، وتقوم الغدد الجنبدرقية بتنظيم مستوى الكالسيوم في الدم بواسطة إفراز

نوعين من الهرمونات هما:

(أ) هرمون الباراثورمون Parathormon hormone

تفرز الغدة الجنبدرقية هرمون الباراثورمون عند انخفاض مستوى الكالسيوم في الدم عن المستوى الطبيعي، ويقوم هذا الهرمون بالمحافظة على مستوى الكالسيوم في الدم عن طريق زيادة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء والعمل على تحفيز وتحريك الكالسيوم من العظام إلى الدم وكذلك تنشيط أو زيادة إعادة امتصاص الكالسيوم من الكليتين renal resorption .

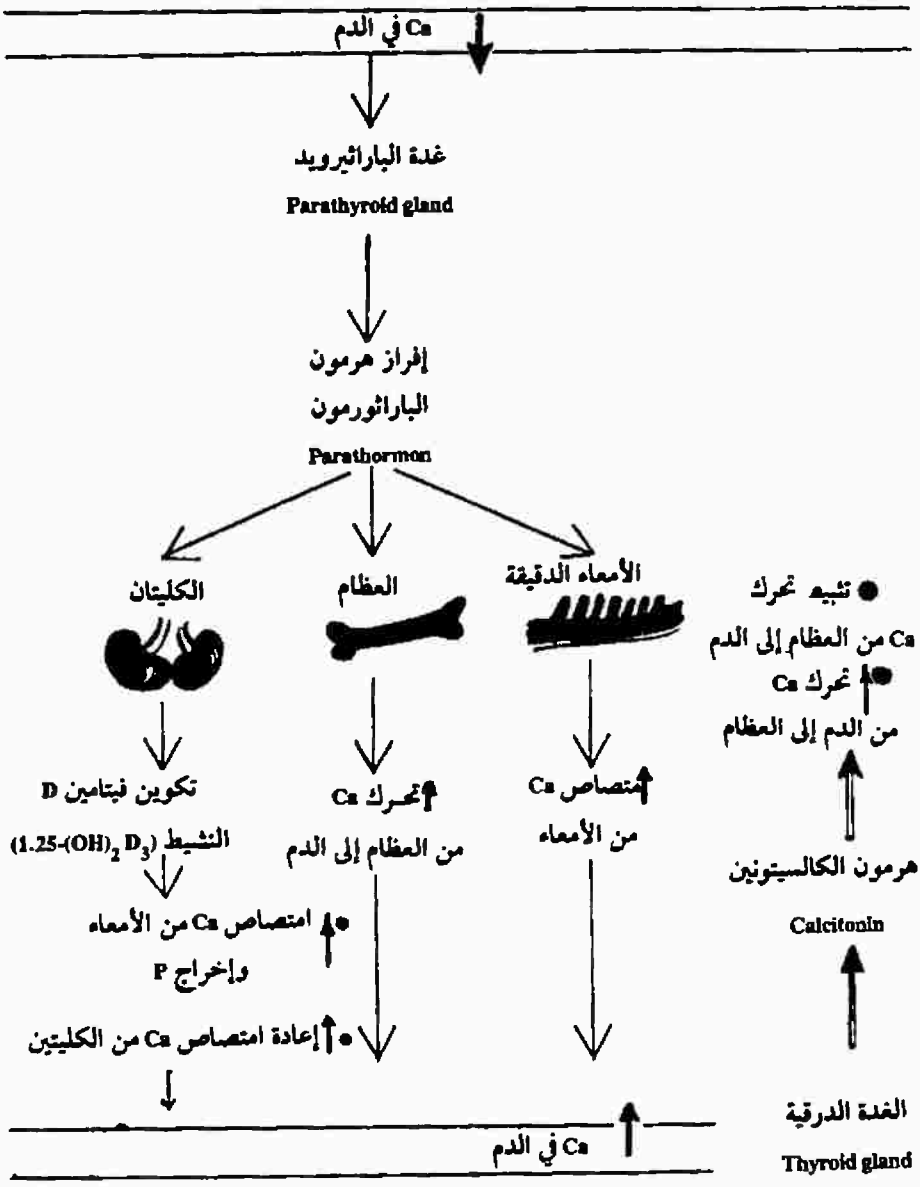
(ب) هرمون كالسيتونين Calcitonin

تفرز الغدة الجنبدرقية والدرقية هذا الهرمون عند ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم عن المستوى الطبيعي، حيث يقوم بخفض مستوى الكالسيوم في الدم بواسطة تثبيط انطلاق أو تحرك الكالسيوم من العظام إلى الدم وزيادة تحرك الكالسيوم من الدم إلى العظام، ولقد وجد أن استئصال الغدة الجنبدرقية جراحيًا يسبب حدوث انخفاض في مستوى الكالسيوم في الدم وزيادة إفراز الكالسيوم مع البول واختفاء حالات التشنج .

كما يلعب فيتامين د دورًا بارزًا في تنظيم مستوى الكالسيوم في الجسم، حيث يعمل على تنشيط امتصاص الكالسيوم من الأمعاء وكذلك يساعد على تحريك الكالسيوم من الدم إلى العظام (عملية التكلس Calcification)

كذلك فإن هرمونات الباراثيرويد PHT تساعد على إفراز الفوسفات في البول، ويمنع ذلك ارتفاع نسبة الفوسفور إلى الكالسيوم في الدم مما يقي الفرد من الإصابة بالتكزز.

ويوضح الشكل (٣, ٩) تنظيم مستوى الكالسيوم في الدم لدى الإنسان.



شكل (٣، ٩). تنظيم مستوى الكالسيوم في الدم لدى الإنسان.

(٩,٥) الفوسفور Phosphorus (P)

(٩,٥,١) المقدمة Introduction

يعد الفوسفور العنصر المعدني الذي يأتي في الدرجة الثانية بعد الكالسيوم من حيث كميته وأهميته في الجسم، حيث يشكل ما يقرب من ١٪ من وزن الجسم (٥٦٠-٩٠٠ جم)، ويوجد ما يقرب من ٨٥٪ من مجموع الفوسفور الكلي في الجسم في العظام والأسنان متحدًا مع الكالسيوم في صورة أملاح فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ الصلبة غير العضوية (الأباتيت)، وهي غير ذائبة ومسؤولة عن إعطاء الهيكل الصلب لها، أما الباقي فيوجد في خلايا وأنسجة وسوائل الجسم في صورة أملاح فوسفات الصوديوم ($NaPO_4$) وفوسفات البوتاسيوم (KPO_4) غير العضوية، وتقدر كمية الفوسفور الموجودة في الدم بما يقرب من ٣٠-٤٥ ملليجراما لكل ١٠٠ ملليليتر من الدم، ولقد وجد أن حوالي ٧٪ من الفوسفور الكلي في الجسم يوجد في العضلات mus-cles كجزء من النواة وسيتوبلازم الخلية، وتكون نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في العظام مرتفعة (٢ : ١)، بينما تكون هذه النسبة منخفضة في الخلايا وسوائل الجسم، أي أن كمية الكالسيوم أكثر من الفوسفور في العظام، بينما كمية الفوسفور الموجود في الخلايا وأنسجة الجسم يكون مرتبطًا بمواد عضوية تسمى مركبات الفوسفور العضوية مثل البروتينات وبعض الإنزيمات والفوسفوليبيدات phospholipids وحوامل الطاقة (ATP و ADP) والأحماض النووية (RNA و DNA) وفوسفات الكرياتين وقرين إنزيم I وقرين إنزيم II وغيرها من المركبات العضوية، لهذا فإن توافر البروتينات والكالسيوم في الوجبة الغذائية يعتبر مؤشرًا جيدًا على توافر الفوسفور بها.

يعتبر الفوسفور والكالسيوم مترافقين من الوجهة الأيضية نظرًا لأنهما يشتركان معًا في كثير من وظائفهما، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:

(ا) يشتركان في تأثيرهما على امتصاص فيتامين د.

(ب) يشتركان في تأثيرهما على هرمونات الغدة الجنبدرقية.

(جـ) يشتركان في تأثيرهما على نمو وتكوين العظام والأسنان.

(د) يشتركان في مصدرهما الأساسي وهو الحليب ومشتقاته.

(هـ) يشتركان في أماكن تخزينهما في الجسم وهي العظام والأسنان.

(٢ , ٥ , ٩) وظائف الفوسفور Functions of phosphorus

تتمثل وظائف الفوسفور الفسيولوجية في جسم الإنسان في الآتي:

١ ـ تكوين وتطوير العظام والأسنان Formation and development of bones & teeth

إن الوظيفة الأساسية للفوسفور هي أنه يدخل في بناء العظام والأسنان، حيث إنه يتحد مع الكالسيوم لتكوين أملاح فوسفات الكالسيوم (أملاح الأباتيت) المسؤولة عن إعطاء الصلابة والقوة للعظام والأسنان، إن عملية التكلس calcification تعني إسهام كل من الكالسيوم والفوسفور في تكوين العظام، حث إنه عند بطء عملية التكلس ينشط إنزيم الفوسفاتيز phosphatase مما يحفز على انطلاق release الفوسفور من مركبات الأنسجة العضوية إلى الدم لتعديل نسبة الكالسيوم والفوسفور إلى المستوى الأمثل اللازم لتكوين العظام.

٢ ـ تنظيم أيض الطاقة Regulation of energy metabolism

يدخل الفوسفور في تركيب الأدينوسين ثلاثي الفوسفات adenosine (ATP) triphosphate المسؤول عن نقل وتخزين الطاقة في الخلايا أثناء عملية أيض الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، ويتكون ATP عندما يتحد جزيء فوسفات مع جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) بواسطة رابطة غنية بالطاقة high bond energy phosphate ، وتنطلق الطاقة التي تحتاجها أنسجة الجسم من هذه الرابطة عندما يتحول ATP إلى ADP ، كما أن جزيئات الفوسفات تدخل في تركيب فوسفات الكريانين التي تحتوي على روابط غنية بالطاقة وقابلة للتحول إلى جزيئات ATP .

٣ ـ مكون أساسي في الأحماض النووية Component of RNA and DNA

يدخل الفوسفور في تركيب الـ DNA و RNA (الأحماض النووية) التي تهيمن على عمليات انقسام الخلايا والتكاثر ونقل الصفات الوراثية.

٤ ـ جزء أساسي في الفوسفوليبيدات Component of phospholipids

يعد الفوسفور مكونًا أساسيًا يدخل في تركيب الفوسفوليبيدات التي تدخل في تكوين أغشية الخلايا cell membranes وتساعد على نقل الدهون في الدم وكذلك تلعب دورًا مهمًا في تنظيم نفاذية أغشية الخلايا للمواد الغذائية المختلفة.

٥ ـ الفسفرة Phosphorylation

تحدث فسفرة للعديد من المواد أثناء العمليات الأيضية المختلفة في الجسم، ومن الأمثلة على ذلك فسفرة الجلوكوز والجلسرين (ارتباطهما بالفوسفات) لتسهيل امتصاصهما في الأمعاء، كما أن امتصاص الجلوكوز بواسطة الخلايا وإعادة امتصاصه بواسطة الكليتين يحتاج إلى فسفرة، وتحدث الفسفرة للجلوكوز أثناء دورة التحلل السكري glycolysis لتكوين جلوكوز ـ ٦ ـ فوسفات.

٦ ـ منظم حموضة الجسم Buffer system

تلعب أملاح الفوسفات غير العضوية والموجودة في سوائل الجسم دورًا مهمًا للمحافظة على اتزان الحموضة والقلوية في الجسم acid-base balance ، حيث إن أيونات الفوسفات لها القدرة على التفاعل مع أيونات الهيدروجين الزائدة في الجسم لتنظيم حموضة الجسم (pH = ٧,٣٥ ـ ٧,٤٥)، نظرًا للتوازن بين حمض الفوسفوريك وجزيئات الفوسفات (أملاح حمض الفوسفوريك).

٧ ـ مكون المركبات أخرى في الجسم Other body compounds

يدخل الفوسفور في تركيب مواد أخرى في الجسم مثل إنزيم كو ـ كاربوكسيليز co-carboxylase وفوسفوكينيز phosphokinase وفيتامين ب ١ (ثيامين بيروفوسفات).

(٣, ٥, ٩) مصادر الفوسفور الغذائية Dietary sources of phosphorus

يتوافر الفوسفور في العديد من الأغذية الحيوانية والنباتية، لهذا فإن احتمال وجوده بكميات كبيرة في الوجبة الغذائية أكثر من احتمال نقصه فيها، ويوجد الفوسفور بنسب

مرتفعة في مجموعة اللحوم meat group مثل اللحوم الحمراء والدواجن والأسماك والبيض، كما يوجد بكميات كبيرة في مجموعة الحليب ومشتقاته milk and milk products مثل الحليب السائل والجبن والزبادي والروب، لهذا يمكن القول مما سبق ذكره إن الفوسفور يتوافر بكثرة في الأغذية الغنية بالبروتين والكالسيوم.

ومما تجدر الإشارة إليه أيضًا أن الحبوب الكاملة تحتوي على كميات كبيرة من الفوسفور، إلا أنه يوجد في صورة حمض الفيتيك phytic acid الذي يتحد مع الكالسيوم لتكوين معقد مقاوم للتحلل بالعصارات الهاضمة، وغير قابل للامتصاص، كما تحتوي الشوكولاتة على كمية كبيرة من الفيتين phytin المقاوم للتحلل بواسطة العصارات الهاضمة، لهذا تظهر أحيانًا أعراض نقص الفوسفور على الأطفال الذين يتناولون كميات كبيرة من الشيكولاتة.

كما تجدر الإشارة إلى أن بعض الأغذية المصنعة تكون غنية بالفوسفور، نظرًا لإضافة المركبات المحتوية على الفوسفور إليها، ومنها المشروبات المشبعة بثاني أكسيد الكربون carbonated beverages والأجبان واللحوم المصنعة ومرق التوابل dressings ومنتجات المخابز المبردة refrigerated bakery products ، وتعتبر الخضروات والفواكه من المصادر الفقيرة بالفوسفور خصوصًا عند التخلص من ماء الطهو بالنسبة للخضروات.

وبشكل عام فإن تناول الشخص لوجبة غذائية متكاملة يمد الجسم باحتياجاته اليومية من الفوسفور، والجدول (٢ ، ٩) يبين محتوى بعض الأغذية من الفوسفور.

(٤ ، ٥ ، ٩) نقص الفوسفور Deficiency of phosphorus

تندر ظهور أعراض نقص الفوسفور على الإنسان نظرًا لأنه يوجد بوفرة في مجموعة واسعة من الأغذية المختلفة، إلا أن هناك بعض من الأسباب التي تؤدي إلى انخفاض في مستوى الفوسفور في الدم hypophosphatemia ، وظهور أعراض نقصه، وهي :

(ا) احتواء الغذاء على مادة الفيتين Phytin (مركب يحتوي على الفوسفور) المقاومة للتحلل بواسطة العصارات الهاضمة، والتي تقوم بالاتحاد مع الفوسفور لتكوين مركب غير قابل للامتصاص (الفيتات الفوسفورية)، مما يعوق امتصاص الفوسفور.

(ب) إصابة الكليتين بمرض يؤدي إلى عدم قدرتها على تكوين فيتامين د النشيط والضروري لامتصاص الفوسفور.

(جـ) انخفاض إفراز الغدة الجنبدرقية لهرمون الباراثيرويد (PTH) ، مما يؤدي إلى انخفاض في إعادة امتصاص الفوسفور من الكليتين، وينتج عن ذلك ضعف في العضلات والشعور بالإجهاد وتحلل أملاح العظام.

(د) إصابة الإنسان بمرض إسهال البلاد الحارة spure الذي يترتب عليه ظهور أعراض نقص الفوسفور بسبب انخفاض معدل امتصاص الفوسفور والكالسيوم من الأمعاء.

(هـ) تناول الأدوية المضادة للحموضة antiacids بصفة مستمرة أو أدوية مرض السكري، حيث إن استعمال الأنسولين مثلاً يعمل على زيادة نسبة خزن الجلوكوز في صورة جليكوجين ودهن في الجسم، ويحتاج ذلك إلى كميات كبيرة من فوسفات الدم لهذا يعطي مريض السكري الفوسفات مع العلاج لتفادي حدوث نقص في فوسفات الدم.

ويمكن تلخيص أعراض نقص الفوسفور لدى الإنسان في التالي:

(أ) حدوث خلل وبطء في النمو الطبيعي خصوصًا لدى الأطفال.

(ب) عدم اكتمال تكلس العظام calcification والأسنان.

(جـ) ضعف العضلات وصعوبة تحريك المفاصل.

كما يحدث ارتفاع مستوى الفوسفور في الدم hyperphosphatemia عندما يحدث خلل أو اضطراب disorders في الكليتين يؤدي إلى انخفاض في التبول urination وكذلك عندما يحدث نقص في إفراز هرمون الباراثيرويد، ويؤدي ذلك إلى انخفاض في مستوى الكالسيوم في الدم (نتيجة نقص في نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور) وإلى حدوث تكزز أو تشنج في العضلات muscle tetany في النهاية.

(٥,٥,٩) احتياجات الفوسفور اليومية Daily requirements of phosphorus

يمكن أن يحصل الفرد على احتياجاته اليومية من الفوسفور، إذا تناول وجبة غذائية متكاملة adequate diet محتوية على احتياجات جسمه من البروتين والكالسيوم،

ولقد أوصت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) بأن يتناول الأطفال والبالغون والبالغات والمسنون والمسنات ٨٠٠ ملليجرام فوسفور في اليوم، وتعادل هذه الكمية كمية الكالسيوم الموصى بتناولها يوميًا، كما أوصت بتناول ١٢٠٠ ملليجرام فوسفور يوميًا للأشخاص المراهقين والمراهقات و لحوامل والمرضعات. أما منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية فإنهما لم يصد ِا الكمية المقترح تناولها يوميًا من الفوسفور.

(٩,٥,٦) امتصاص الفوسفور ونقله وتخزينه Absorption, transportation, and storage of phosphorus

يمتص الفوسفور في الجزء العلوي من الأمعاء في صورة فوسفات حرة free phosphate ، وبنسبة ٧٠٪ من الفوسفور الموجود في الوجبة الغذائية، ويتأثر امتصاص الفوسفور بنفس العوامل التي تؤثر على امتصاص الكالسيوم، فمثلاً ينخفض معدل امتصاص الفوسفور عندما يحدث نقص في فيتامين د الذي ينشط امتصاصه من الأمعاء ويزيد من معدل إعادة امتصاصه من الكليتين، كما أن هرمون الباراثيرويد يحافظ على نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور المثلى في الدم، ويتم إخراج الكميات الزائدة من الفوسفور مع البول حيث يخرج حوالي ٠,٦ ـ ١ جرام فوسفور يوميًا عند الأشخاص البالغين، ولقد وجد أن الفوسفور الموجود في الوجبة الغذائية يكون على صورة عضوية (مرتبط بمركبات عضوية)، لهذا يحدث انفصال split للفوسفور في الأمعاء قبل عملية الامتصاص بواسطة إنزيم الفوسفاتيز المعدي intestinal phosphatase ، أي أن الفوسفور يمتص من الأمعاء في صورة ملح غير عضوي، ويتراوح مستوى الفوسفور في الدم ما بين ٣٥ـ٤٥ ملليجراما لكل ١٠٠ ملليلتر من الدم، بينما يتراوح مستوى الفوسفور غير العضوي فقط ما بين ٢,٥ ـ ٤,٥ ملليجرام لكل ١٠٠ ملليلتر دم، وتزداد النسبة عن ذلك في الأطفال.

وتقدر نسبة الفوسفور غير الممتصة والتي تخرج مع البراز بحوالي ٣٠٪ من فوسفور الوجبة الغذائية.

(٩,٦) البوتاسيوم Potassium (K^+)

(٩,٦,١) المقدمة Introduction

يعد البوتاسيوم من أكثر الكاتيونات cations (الأيونات الموجبة الشحنة) الموجودة في السوائل داخل الخلايا intercellular fluid ، حيث إن جسم الشخص البالغ يحتوي على ما يقرب من ٢٦٠ جراما من البوتاسيوم الذي يوجد منه حوالي ٩٨٪ داخل الخلايا، والباقي يوزع في السوائل الموجودة خارج الخلايا، ولقد وجد أن كمية البوتاسيوم في جسم الشخص تزيد على كمية الصوديوم، علما بأن الوجبة الغذائية التي يتناولها الشخص في اليوم تحتوي على كميات من البوتاسيوم أقل من كميات الصوديوم، ويدل ذلك على أن الجسم يعمل على الاحتفاظ بالبوتاسيوم أكثر من الصوديوم. إن كمية البوتاسيوم في بلازما الدم قليلة، إذ تقدر في المتوسط بحوالي ١٩ ملليجراما / ١٠٠ ملليلتر، ولكن هذه الكمية تؤدي وظائف رئيسية داخل الجسم. وتجدر الإشارة إلى أن كلمة البوتاسيوم مشتقة من الكلمة اللاتينية potash ، وهي تعني المادة المتبقية من حرق الخضار (الرماد) الذي يستعمل كسماد للمحاصيل الزراعية.

(٩,٦,٢) وظائف البوتاسيوم Functions of potassium

يمكن حصر وظائف البوتاسيوم الفسيولوجية في جسم الإنسان كالتالي:

١ ـ المحافظة على نشاط العضلات Maintenance of muscular activity

يلعب البوتاسيوم دورًا مهمًا في عملية انقباض الألياف العضلية والمحافظة على نشاط عضلات القلب cardiac muscles . ويعتقد بأن الموت المفاجىء في الأطفال عند الإصابة بالإسهال الحاد أو الإصابة بمرض الكواشيوركور kwashiorkor يرجع إلى حدوث فشل في وظائف القلب (توقف وشلل في عضلة القلب) بسبب نقص البوتاسيوم حيث إن البوتاسيوم مع المغنسيوم يعملان على ارتخاء relaxation العضلات بعكس الكالسيوم الذي يعمل على انقباض contraction العضلات. ولقد وجد أن حدوث انخفاض في تركيز أيونات البوتاسيوم يترتب عليه خلل واضح في منحنيات المخطط الكهربائي للقلب electocardiograph .

٢ ـ تنظيم الضغط الأسموزي Regulation of osmotic pressure

يعمل البوتاسيوم على تنظيم الضغط الأسموزي داخل الخلايا، حيث إن تركيزات أيونات البوتاسيوم العالية داخل الخلايا تعمل على إحداث الضغط الأسموزي في الخلية، وهذا يترتب عليه انتقال الماء إلى داخل الخلايا والمحافظة على توازنه داخل وخارج الخلايا، كما يحافظ على سلامة الخلية.

٣ ـ تنظيم التوازن الحامضي ـ القاعدي Regulation of acid-base balance

يلعب وجود البوتاسيوم داخل الخلايا دورًا مهمًّا في المحافظة على التوازن الحامضي ـ القاعدي، غير أن قدرته على العمل كقاعدة في حالة وجود كمية زائدة من الحمض في الجسم أقل من الصوديوم.

٤ ـ نقل المنبهات (النبضات) العصبية Transmission of nerve impulses

لقد وجد أن الأعصاب والعضلات غنية جدًا في محتواها من البوتاسيوم الذي يعمل على نقل النبضات (الإشارات) العصبية من خلال العضلات والأعصاب الطويلة، كما يؤدي الصوديوم نفس الدور. ويحدث تغير لمواقع البوتاسيوم والصوديوم أثناء عملية نقل النبضات العصبية، حيث يخرج البوتاسيوم من داخل الخلية عندما يدخلها الصوديوم أثناء نقل النبضات العصبية وانقباض العضلات ثم يعود إلى الخلية مرة ثانية بعد خروج الصوديوم منها.

٥ ـ أيض البروتين والكربوهيدرات Metabolism of protein and carbohydrate

يسهم الكالسيوم في تنشيط (تحفيز) تصنيع البروتين في الجسم. كما أنه يقوم بدور بارز في أيض الكربوهيدرات وتصنيع الجليكوجين من الجلوكوز glycogenesis، حيث يلزم ٠,٣٦ ملي مكافيء من البوتاسيوم لتكوين جرام واحد من الجليكوجين. ولهذا يعطي مريض السكري الأنسولين مرفقًا معه البوتاسيوم، لأن بناء الجليكوجين في جسم المريض بواسطة الأنسولين يؤدي إلى سحب البوتاسيوم من بلازما الدم، ويترتب على ذلك انخفاض لمستوى البوتاسيوم hypokalemia لدرجة قد تسبب الوفاة. وتجدر

الإشارة إلى أن البوتاسيوم الذي يستخدم في تكوين الجليكوجين يخرج أثناء مسار الجلايكوجينوليسيز glycogenolysis .

٦ ـ وظائف أخرى Other functions

يلزم البوتاسيوم لعمل الكثير من التفاعلات الإنزيمية التي تحدث داخل الخلايا، كما أنه ضروري للنمو ولإفراز الأنسولين بواسطة البنكرياس.

(٩,٦,٣) مصادر البوتاسيوم الغذائية Dietary sources of potassium

يوجد البوتاسيوم في العديد من الأغذية النباتية والحيوانية، وتعتبر مجموعة الفواكه من أغنى المصادر التي تمد جسم الإنسان باحتياجاته اليومية من هذا العنصر خصوصًا البرتقال والموز والتفاح والفواكه المجففة والجريب فروت grapefruits ، كما أن مجموعة اللحوم مثل اللحم الأحمر والدواجن والأسماك وكذلك مجموعة الخضروات مثل البطاطس والطماطم والجزر والكرفس celery تعد مصادر جيدة للبوتاسيوم، كما تحتوي البقوليات والحبوب الكاملة على كميات جيدة من البوتاسيوم.

(٩,٦,٤) نقص البوتاسيوم Deficiency of potassium

من النادر أن تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الإنسان نتيجة تناول أغذية فقيرة في محتواها من البوتاسيوم، وذلك لانتشاره في مجموعة واسعة من الأغذية المتنوعة وبكميات وفيرة، إلا أنه توجد عوامل كثيرة تسبب انخفاض مستوى البوتاسيوم في الدم hypokalemia مثل مرض السكري وأمراض المسالك البولية والأمراض المسببة للإسهال وفقدان كمية كبيرة من الماء (يمكن أن يفقد الجسم ٣ جرامات بوتاسيوم في اليوم مع الماء الخارج من الجسم) والإصابة بالقيء لفترة طويلة وأمراض سوء التغذية وانخفاض الشهية للأكل وتناول وجبات خفض الوزن المحدودة الكربوهيدرات واستعمال الأدوية المدرة للبول (عند الإصابة بمرض الإديما edema أو ارتفاع ضغط الدم hypertension) وارتفاع حموضة الجسم (يخرج البوتاسيوم من الخلايا لمعادلة الحموضة) وحدوث أضرار كبيرة في الأنسجة كما في حالة الحروق والعمليات الجراحية، حيث إن كمية الفاقد من

البوتاسيوم من الجسم تكون أكثر من الكمية المعوضة مع الغذاء. وتظهر أعراض نقص البوتاسيوم على شكل ضعف في العضلات يمكن أن يؤدي إلى شلل وحدوث خلل في الجهاز العصبي والتنفسي وزيادة دقات القلب tachycardia وانتفاخ في المعدة وبطء في النمو والتقيؤ وارتفاع ضغط الدم وعدم انتظام النبض arrhythmia وقد تحدث الوفاة فجأة. ويمكن معالجة انخفاض مستوى البوتاسيوم في الدم hypokalemia بإعطاء الشخص الأغذية الغنية بالبوتاسيوم أو بحقنه بمحلول من البوتاسيوم في الوريد. ومما تجدر الإشارة إليه أن انخفاض مستوى البوتاسيوم في الأطفال قد يرافقه مرض الكواشيوركور، وقد أمكن معالجة هؤلاء الأطفال بإعطائهم الحليب الفرز لأنه يحتوي على البوتاسيوم والبروتين معًا.

كما يمكن أن يصاب الشخص بارتفاع في مستوى البوتاسيوم في الدم hyper-kalemia نتيجة حدوث فشل كلوي renal failure أو الإصابة بجفاف dehydration حاد أو أخذ جرعات عالية من البوتاسيوم عن طريق الوريد أو الفم. ومن أعراض ارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم حدوث ضعف وتلف في العضلات وخصوصًا عضلة القلب وقصور في وظيفة الكليتين وخلل في الجهاز العصبي وضعف في التنفس وعدم انتظام دقات القلب arrhythmia وتغيرات في منحنيات المخطط الكهربائي للقلب electrocar-diograph وقد يحدث توقف للقلب. ويمكن معالجة ارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم بإعطاء الشخص وجبات غذائية فقيرة في محتواها من البوتاسيوم والبروتين. كما يوصى بأن تكون كمية الكربوهيدرات كبيرة، وذلك لأن تحول الجلوكوز إلى جليكوجين يؤدي إلى سحب كمية كبيرة من البوتاسيوم من الدم إلى الخلايا، ويخفض ذلك من مستواه في الدم.

(٩,٦,٥) احتياجات البوتاسيوم اليومية Daily requirements of potassium

حتى الوقت الحاضر لم تحدد بعد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الأمريكية (١٩٨٩م) ولا منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية المقررات الغذائية المقترحة RDA للبوتاسيوم. إلا أن هيئة الغذاء والتغذية (١٩٨٩م) قدرت كميات البوتاسيوم التي تفي باحتياجات الجسم (ESADDI) وهي ما بين ١٨٧٥ إلى ٥٦٢٥

ملليجراما يوميًا للأشخاص البالغين، كما أن هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية قدرت الاحتياجات الدنيا للبوتاسيوم كالتالي:

الرضيع (من الولادة ـ ١١ شهرا) : ٥٠٠ ـ ٧٠٠ مجم
الأطفال (عمر ١ سنة) : ١٠٠٠ مجم
الأطفال (ما بين ٢ـ٩ سنوات) : ١٤٠٠ ـ ١٦٠٠ مجم
المراهقون والبالغون والمسنون (ذكور وإناث) : ٢٠٠٠ مجم

ويوضح الجدول (٩,٣) تقديرات الاحتياجات الدنيا للبوتاسيوم للأشخاص الأصحاء.

وتجدر الإشارة إلى أن إعطاء الشخص ٠,٨ ـ ١,٥ جرام من البوتاسيوم لكل ١٠٠٠ سعر kcal يمده باحتياجاته اليومية من البوتاسيوم، وبشكل عام فإن تناول الشخص وجبة غذائية متكاملة adequate diet يمده بحوالي ٢ـ٦ جرامات من البوتاسيوم يوميًا.

(٩,٦,٦) امتصاص البوتاسيوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of potassium

يُمتص البوتاسيوم مباشرة من الأمعاء الدقيقة، كما يحدث امتصاص للبوتاسيوم الموجود في العصارات الهاضمة (غنية بالبوتاسيوم) ويفقد جزء قليل منه مع البراز. ويخرج معظم البوتاسيوم الزائد على احتياجات الجسم مع البول، ويتم التحكم في ذلك بواسطة الكليتين، حيث إن إفراز هرمون الألدوسترون aldosterone يزيد من إخراج البوتاسيوم. وبشكل عام يزداد إخراج البوتاسيوم مع البول عند ارتفاع قلوية الدم والأنسجة alkalosis وعند حدوث زيادة في إفراز هرمون الألدوسترون aldosteron وعند تناول كميات كبيرة من الصوديوم، بينما ينخفض إخراجه مع البول في حالة فشل الكليتين وارتفاع حموضة الأنسجة acute acidosis وتناول كميات قليلة من البوتاسيوم والصوديوم، ويرتفع مستوى البوتاسيوم في الدم عندما يحدث تهدم في الأنسجة catabolism وكذلك عند ارتفاع الحموضة acidosis المصاحبة للإسهال والتي تؤدي إلى خروج البوتاسيوم من الخلايا إلى الدم لتنظيم التوازن الحامضي ـ القاعدي، بينما

ينخفض مستوى البوتاسيوم في الدم في حالة تكون الجليكوجين وارتفاع قلوية الأنسجة alkalosis ، وهذا مؤشر على دخول البوتاسيوم إلى الخلايا .

جدول (٩,٣). تقديرات الاحتياجات الدنيا للصوديوم والكلور والبوتاسيوم للأشخاص الأصحاء.

العمر	الوزن (كجم)	الصوديوم (ملليجرام)	الكلور (ملليجرام)	البوتاسيوم (ملليجرام)
شهور				
٠-٥	٤,٥	١٢٠	١٨٠	٥٠٠
٦-١١	٨,٩	٢٠٠	٣٠٠	٧٠٠
سنوات				
١	١١,٠	٢٢٥	٣٥٠	١٠٠٠
٢-٥	١٦,٠	٣٠٠	٥٠٠	١٤٠٠
٦-٩	٢٥,٠	٤٠٠	٦٠٠	١٦٠٠
١٠-١٨	٥٠,٠	٥٠٠	٧٥٠	٢٠٠٠
أكثر من ١٨	٧٠,٠	٥٠٠	٧٥٠	٢٠٠٠

المصدر: مأخوذ من Food and Nutrition Board (1989), p. 253.

(٩,٧) الكبريت Sulphur (S)

(٩,٧,١) المقدمة

ينتشر الكبريت في جميع خلايا الجسم، حيث يدخل في تركيب جميع بروتينات الخلايا cell proteins نظرًا لوجوده في الأحماض الأمينية الكبريتية وهي السستين cystein والميثونين methionine والسيستين cysteine ، ويحتوي جسم الإنسان البالغ على ما يقرب من ١٤٠ جراما كبريت (٠,٢٥٪ من وزن الجسم) ويتركز معظمه في السيتوبلازم cytoplasm ، ويوجد معظم الكبريت في جسم الإنسان في صورة مركبات

عضـوية (كـبريت عضـوي) مثـل الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت وفيتامين الثيامين thiámin وفيتامين البيوتين biotin وبروتين الكيراتين keratin (الذي يوجد في الشعر والأظافر والريش والصوف والجلد) وحمض الليبويك lipoic acid والهبارين hepa-rin (مـادة مانعـة لتجلط الـدم) والإنسـولـين insulin والجلوتـاثيون glutathione والكندرويتين والفيبرينوجين والتايورين وقرين الإنزيم أ ولبيدات الكبريتيد sulfolipids التي توجد في الكبد والكليتين والغدد اللعابية، كما يحتوي جسم الإنسان على كبريت غير عضوي مثل كبريتات البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم.

(٢, ٧, ٩) وظائف الكبريت Functions of sulphur

تتمثل وظائف الكبريت الفسيولوجية في جسم الإنسان في التالي:

١ ـ يدخل في تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية، لهذا فهو يحافظ على التركيب البنائي structure المميز لهذه الأحماض بواسطة الروابط الكبريتية sulphur-sul-phur-linkages (s-s) التي تعمـل على ربط سلاسل الأحماض الأمينية مع بعضها، كما أنه يحافظ على الـتركيب البنـائي لميكـوالسكـريات المتعـددة mycopolysaccharides مثل كبريتـات الكـوندرويتين chondoroitin sulphate والجلد skin، كما أنه المسؤول عن إعطاء التركيب البنائي الصلب rigid structure للأظافر والشعر والجلد نظرًا لأنه يدخل في تركيب بروتين الكيراتين الغني جدًا بالكبريت.

٢ ـ يقوم الكبريت بتنشيط العديد من قرائن الإنزيمات coenzymes الضرورية لبعض التفـاعلات البيولوجية أثناء عملية إنتاج الطاقة من الدهون والكربوهيدرات والـبروتينـات، ومن الأمثلة على ذلـك فيتامينات البيوتين والثيامين وحمض الليبويك وحمض البـانتـوثينيك pantothenic acid (قـرين الإنـزيم أ)، وجميعها تعمل كقرائن إنزيمات. وترجع أهمية المركبات الكبريتية في تنشيط قرائن الإنزيمات إلى سهولة اختزال الكبريتيد الثنائي disulphide إلى مجموعة السلفيهيدريل sulphydryl الضرورية لتنشيط بعض الإنزيمات، كما تتأكسد مجموعة السلفيهدريل لتكون ثنائي الكبريت مرة أخرى.

$$-SH \underset{-2H}{\overset{+2H}{\rightleftharpoons}} SS$$

٣ ـ يدخل في تركيب الجلوتاثيون glutathione الذي يوجد بتركيزات كبيرة في كرات الدم الحمراء، وهو عبارة عن سلسلة ببتيدية قصيرة مكونة من ثلاثة أحماض أمينية (glutamic acid, glycine, cysteine) ويلعب دورًا مهمًا في عمليات التأكسد والاختزال.

٤ ـ تسهم الكبريتات Sulphates بدور بارز في تخليص الجسم من السموم toxins ، نظرًا لأنها ترتبط مع المواد السامة مثل cresols و indoxyls و phenols وتطرحها خارج الجسم مع البول.

٥ ـ يخزن الكبريت داخل الجسم reserve في صورة كبريت غير عضوي (كبريتات Sulphate) ويستخدمه الجسم عند الحاجة، كما أن الكبريت ضروري لتجلط الدم وتصنيع الكولاجين collagen .

(٩,٧,٣) مصادر الكبريت الغذائية Dietary sources of sulphur

بشكل عام، تعتبر جميع الأغذية الغنية بالبروتين من المصادر الرئيسية للكبريت خصوصًا البروتينات المحتوية على المثيونين والسستين والسيستيين. ومن الأغذية البروتينية الغنية بالكبريت اللحوم والأسماك والجمبري والبيض والأجبان والعدس، لهذا فإن الوجبة الغذائية التي تمد الجسم باحتياجاته من البروتين المرتفع في قيمته الحيوية تفي أيضًا باحتياجاته من الكبريت.

(٩,٧,٤) نقص الكبريت Deficiency of sulphur

لا تظهر أعراض نقص الكبريت على الإنسان نظرًا لتوافره بكثرة في البروتينات والأحماض الأمينية خصوصًا تلك المحتوية على الكبريت كما ذكر أعلاه. إلا أن تناول أغذية فقيرة جدًا في محتواها من البروتين يترتب عليه نقص في الأحماض الأمينية الكبريتية.

(٩,٧,٥) احتياجات الكبريت اليومية Daily requirements of sulphur

لم تتحدد المقررات الغذائية الموصى بها RDA لعنصر الكبريت من قبل هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م)، إلا أن

تناول الشخص للمقررات اليومية المقترحة للبروتين يعتبر كافيًا لتأمين احتياجاته اليومية من الكبريت.

(٩,٧,٦) امتصاص الكبريت ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of sulphur

يُمتص الكبريت من الأمعاء الدقيقة إما في صورة كبريت عضوي الذي مصدره الأحماض الأمينية الكبريتية، أو في صورة كبريت غير عضوي، وينتقل الكبريت الممتص إلى الدم عن طريق الوريد البابي. يلي ذلك حدوث أيض للأحماض الأمينية الكبريتية داخل الخلايا لتكوين حمض الكبريتيك sulphuric acid الذي يخرج مع البول في صورة أملاح غير عضوية. ولقد وجد أن حوالي ٨٥-٩٠٪ من الكبريت الموجود في البول يطرح خارج الجسم في صورة أملاح غير عضوية، والباقي منه (١٠-١٥٪) يكون في صورة إسترات عضوية organic esters تكونت أثناء عملية إبطال مفعول المواد السامة في الجسم detoxification . وتجدر الإشارة إلى أن كمية الكبريت التي يتخلص منها الجسم تتناسب مع كمية البروتين المتناولة يوميًا، وكذلك مع معدل الهدم في أنسجة الجسم. ولقد وجد أن فقدان الجسم لكميات كبيرة من السستين cystine وكميات أقل من الليسين lysin والأرجنين arginine والأرنيثين ornithine يسبب حدوث فشل في إعادة امتصاص الكبريت من الكليتين مما يؤدي إلى الإصابة بالسستنوريا cystinuria ، وهو مرض نادر ينتج عن عيب وراثي hereditary defect ويؤدي إلى تكون حصوة كلوية renal calculi تحتوي على السستين. ولمعالجة هذا المرض فإنه يلزم خفض كمية الأحماض الأمينية الكبريتية في الغذاء خصوصًا السستين والمثيونين.

(٩,٨) الصوديوم Sodium (Na)

(٩,٨,١) المقدمة Introduction

يعد الصوديوم من أكثر الكاتيونات cations (الأيونات الموجبة الشحنة) وفرة في السوائل خارج الخلايا extracellular fluid خصوصًا بلازما الدم، حيث يحتوي جسم

الشخص البالغ على ما يقرب من ١٢٠ جراما صوديوم، توجد ٦٠٪ منها في السوائل خارج الخلايا والبلازما ويوزع الباقي في الهيكل العظمي (٣٠٪) والسوائل داخل الخلايا (١٠٪). ولقد وجد أن أكثر من نصف كمية الصوديوم في العظام تكون موجودة على السطح وقابلة للتبادل مع السوائل في خارج الخلايا خصوصًا عند تناول وجبات غذائية فقيرة في الكالسيوم، أما النصف الآخر فيوجد متعمقًا في داخل العظام. يزيد تركيز الصوديوم في بلازما الدم بحوالي أربع عشرة مرة على تركيزه في السوائل داخل الخلايا، ويقدر تركيزه في بلازما الدم بحوالي ٣٠٠-٣٥٥ ملليجرام لكل ١٠٠ ملليلتر.

(٢، ٨، ٩) وظائف الصوديوم Functions of sodium

يمكن تلخيص الوظائف الفسيولوجية للصوديوم في جسم الإنسان كالآتي:

١ - تنظيم التوازن الحامضي - القاعدي Regulation of acid-base balance

يعمل الصوديوم على المحافظة على التوازن الحامضي - القاعدي في سوائل الجسم، أي أنه يحافظ عى الرقم الهيدروجيني (pH) الأمثل للجسم. فلقد وجد أن للصوديوم تأثيراً قاعدياً قويًا، حيث يوجد متحدًا مع الكلوريد والبيكربونات اللذين يعملان على المحافظة على التوازن الحامضي - القاعدي في سوائل الجسم. كما يحتوي الجسم على مركبين منظمين buffers مهمين يلعبان دورًا بارزًا في المحافظة على تعادل الجسم هما: فوسفات الصوديوم أحادية الهيدروجين sodium monohydro-gen phosphate ($NaHPO_4$) وفوسفات الصوديوم ثنائية الهيدروجين sodium dihydrogen phos-phate (NaH_2PO_4). فعندما ترتفع حموضة سوائل الجسم نتيجة لدخول العناصر المكونة للحموضة إلى الجسم فإن الصوديوم ينطلق من مناطق تخزينه على العظام لمعادله الحموضة الزائدة.

٢ - تنظيم الضغط الأسموزي Regulation of osmotic pressure

يقوم الصوديوم بدور بارز في تنظيم الضغط الأسموزي لسوائل الجسم والدم ويحافظ على توازن السوائل في خلايا الجسم، وينظم ذلك حركة دخول السوائل إلى

الخلايا وخروجها منها، ويعتبر الصوديوم الكاتيون الرئيسي السائد في السوائل خارج الخلايا، وفي الحالة الطبيعية يتساوى تركيز الاليكتروليتات خارج الخلية وداخلها، ويمكن أن يحدث خلل في توازن الماء في الجسم عندما يصبح الجسم غير قادر على إخراج الصوديوم الزائد عن طريق البول كما في حالة الاصابة بأمراض القلب أو فشل الكليتين، ويترتب على ذلك انتشار الماء إلى داخل الخلايا لتخفيف تركيز الصوديوم المرتفع إلى المستوى الطبيعي، مما يؤدي إلى الاصابة بمرض الاديما Edema . ويتضح مما ذكر سابقًا أنه يجب المحافظة على تركيز الصوديوم في الدم عند المستوى الطبيعي، لأنه عندما يكون مستوى الصوديوم طبيعيا في الدم فإن مستوى الماء يكون كذلك، كما تجدر الاشارة إلى أن زيادة تركيز الصوديوم في الدم أو نقصه تتناسب عكسيا مع كمية الماء في الجسم.

٣ ـ تنظيم نفاذية أغشية الخلايا Regulation of cell membrane permeability

يلعب الصوديوم دورًا بارزًا في تنظيم نفاذية أغشية الخلايا أثناء امتصاص العناصر الغذائية المختلفة خصوصًا الأحماض الأمينية وبعض الفيتامينات والجلوكوز من خلال جدار الأمعاء، وذلك بطريقة النقل النشط acitve transport الذي يحتاج إلى مضخة الصوديوم sodium pump الضرورية للمحافظة على اختلافات الالكتروليتات في سوائل الخلايا الداخلية وسوائل الخلايا الخارجية.

٤ ـ نقل النبضات (الإشارات) العصبية Transmission of nerve impulses

تتطلب المحافظة على حساسية العضلات وسرعة تهيجها وتنظيم انقباض عضلات القلب يتطلب وجود تركيزات طبيعية من أيونات الصوديوم في الجسم.

(٣, ٨, ٩) مصادر الصوديوم الغذائية Dietary sources of sodium

يتوافر الصوديوم في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية خصوصًا الأغذية المصنعة. وفي مقدمة الأغذية المصنعة الغنية بالصوديوم الجبن واللحوم المملحة والمدخنة، وكذلك الأغذية المعلبة المضاف إليها الملح كمادة حافظة ومحسنة للطعم، لهذا

توضح نسبة الصوديوم على بطاقات معظم الأغذية المعلبة. كما يوجد الصوديوم بصورة طبيعية في العديد من الأغذية مثل اللحوم الحمراء والحليب وبياض البيض وفول الصويا والدواجن والأسماك والبقوليات. كما تحتوي بعض الخضروات (السبانخ والكرنب والكرفس والشمندر والبنجر) على كميات قليلة من الصوديوم في صورة أملاح إسترات الصوديوم العضوية التي تتأكسد في الجسم إلى بيكربونات الصوديوم المعروفة باسم الخزان القلوي alkalin reserve ، حيث إنها تعمل على معادلة الحموضة في الجسم.

وبشكل عام يعتبر ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) هو المصدر الرئيسي للصوديوم في جسم الإنسان (٤٠٪ منه صوديوم)، حيث إنه يضاف إلى الغذاء أثناء الطهو، كما أنه يضاف إلى كثير من الأغذية المصنعة كمادة حافظة ومحسنة للطعم، وكذلك يستعمل على المائدة. كما يحتوي ماء الشرب على حوالي ٢٠ ملليجرام صوديوم لكل ليتر من الماء (Na-standard) ، وقد تزداد هذه الكمية في بعض المناطق.

(٤, ٨, ٩) نقص الصوديوم Deficiency of sodium

يندر ظهور أعراض نقص الصوديوم على الإنسان نظرًا لأن الكمية التي يتناولها في الوجبة الغذائية تزيد على احتياجاته اليومية. ولكن هناك بعض العوامل التي تؤدي إلى انخفاض مستوى الصوديوم في الدم وظهور أعراض نقصه على الشخص، وهي:

(أ) أداء التمارين الرياضية الخفيفة أو الأعمال الشاقة ولمدة طويلة في الأجواء الحارة، دون التعويض عن كمية الأملاح المفقودة مع العرق.

(ب) التقيؤ المستمر أو الإسهال الشديد أو استعمال الأدوية المدرة للبول diure-tics .

(جـ) الإصابة بالحمى أو بعض الأمراض مثل تليف الكبد ومرض اديسون.

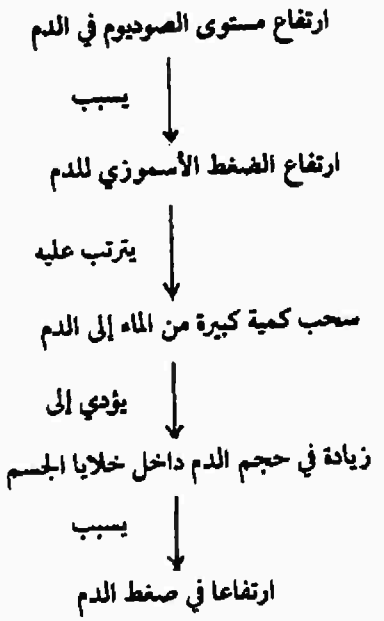
وتظهر أعراض نقص مستوى الصوديوم في الدم على شكل ألم وتشنجات في العضلات (خاصة عضلة القلب) وتصلبها عند الأطراف وألم في البطن وفقد الشهية للأكل والشعور بدوخة وغثيان وإجهاد والإصابة بالإسهال وخلل في التوازن الحامض - القاعدي واضطرابات عقلية mental confusion ، وفي حالة الاستنزاف الشديد

للصوديوم فقد يؤدي ذلك إلى حدوث فشل في الدورة الدموية.

علاقة ارتفاع ضغط الدم بالصوديوم Hypertension and sodium

قد يؤدي تناول كميات كبيرة من الصوديوم مع الغذاء إلى ارتفاع ضغط الدم عن المستوى الطبيعي (Hypertension) خصوصًا في الأشخاص الذين لديهم ميل وراثي genetic tendency لذلك، حيث إن ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم يؤدي إلى زيادة حجم الدم في الجسم والذي يضغط على جدران الشرايين arteries ويجهدها عندما يسير من خلالها، كما أنه يجهد القلب لأنه يقوم بضخ هذا الحجم الكبير من الدم في الدورة الدموية. ويمكن خفض مستوى الصوديوم المرتفع في الدم بتناول وجبات غذائية فقيرة في الصوديوم، حيث ينصح بألا تزيد كمية كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) المتناولة في اليوم على ١-٢ جرام (٤, ٠ - ٨, ٠ جرام صوديوم)، ويمكن تحقيق ذلك بواسطة تجنب الأغذية الغنية بالصوديوم وعدم إضافة الملح إلى الطعام أو على الطاولة.

ويمكن توضيح العلاقة بين ضغط الدم العالي والصوديوم كالتالي:



وبشكل عام توجد عوامل كثيرة تسبب ارتفاع ضغط الدم مثل السمنة والإجهاد stress والتدخين smoking والاستعداد الوراثي genetic predisposition وغيرها.

(٩,٨,٥) احتياجات الصوديوم اليومية Daily requirements of sodium

تعتمد أقل كمية يحتاجها جسم الإنسان البالغ من الصوديوم على الكمية الإجبارية التي يفقدها الجسم مع العرق واليول والبراز، والتي تقدر بحوالي ٢٠٠ ملليجرام في اليوم، ولم تحدد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي المقررات الغذائية الموصى بها للصوديوم غير أنها ترى بأن تناول الشخص البالغ حوالي ١٨٧٥ ـ ٥٦٢٥ ملليجراما يوميا حسب حالته الصحية يكفي لسد احتياجات جسمه من الصوديوم. كما قدرت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية (١٩٨٩م) الاحتياجات الدنيا للصوديوم في اليوم، وهي ١٢٠ ـ ٢٠٠ ملليجرام للرضع و٢٢٥ـ٤٠٠ ملليجرام للأطفال و ٥٠٠ ملليجرام للمراهقين والبالغين والمسنين. ولقد وجد أن الشخص البالغ يستهلك حوالي ١٠ـ٢٠ جراما من ملح الطعام يوميًا (٤ـ٨ جم صوديوم)، وتزيد هذه الكمية على احتياجات جسمه، لهذا يخرج جزء كبير منها مع البول. وبشكل عام يحتاج الشخص البالغ الذي لا يعاني من ارتفاع ضغط الدم إلى حوالي ٥ جرامات ملح طعام (٢ جرام صوديوم) في اليوم، ويمكن زيادة هذه الكمية في حالة أداء التمارين الرياضية العنيفة أو العمل الشاق لمدة طويلة في الأجواء الحارة أو الإصابة بالقيء أو الإسهال الشديدين. ويوضح الجدول (٩,٣) تقديرات الاحتياجات الدنيا للصوديوم للأشخاص الأصحاء.

(٩,٨,٦) امتصاص الصوديوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation & metabolism of sodium

يُمتص ما يقارب من ٩٥٪ من الصوديوم في الوجبة الغذائية من الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة، وكذلك تمتص نسبة منخفضة جدًا منه من المعدة، أما الباقي وهو يقل عن ٥٪ فإنه يخرج مع البراز. ثم ينتقل الصوديوم الممتص عن طريق الدم إلى الكليتين للتخلص من الكمية الزائدة منه مع البول. أي أن الكليتين هما العضوان

الرئيسيان اللذان يتحكمان في مستوى الصوديوم في الدم بواسطة هرمون الألدوستيرون aldosteron (يتحكم في نشاط الكليتين) الذي تفرزه الغدة الكظرية (الغدة فوق الكلية) adrenal gland . وتقدر كمية الصوديوم التي تخرجها الكليتان مع البول بحوالي ٩٥٪ من الكمية الممتصة، أي أن الكمية الممتصة من الصوديوم تعادل تقريبًا الكمية الخارجة مع البول. كما أن كميات قليلة جدًا من الصوديوم تخرج مع العرق خصوصًا أثناء التعرق الشديد في الأجواء الحارة أو أثناء أداء التمارين الرياضية. كما أن بعض الأشخاص يفقد كميات كبيرة من الصوديوم بسبب التقيؤ المستمر أو الإسهال الشديد أو استعمال المليّنات diruretics ، وهذه يجب تعويضها من الغذاء. ويتناول الشخص البالغ في المتوسط حوالي ٦ جرامات من الصوديوم في اليوم، وهي تعادل ١٥ جراما من ملح كلوريد الصوديوم، أي أن كل ملعقة شاي واحدة من ملح الطعام تمد الجسم بحوالي ٢ جرام من الصوديوم. وتجدر الإشارة هنا إلى أن كمية الصوديوم التي تخرج مع البول والعرق تقدر بحوالي ٩٥٪ من كمية الصوديوم الممتصة كما ذكر أعلاه، ويطرح الصوديوم خارج الجسم في صورة فوسفات الصوديوم وكلوريد الصوديوم.

أشارت الدراسات إلى أن ممارسة التمارين الرياضية العنيفة مثل كرة القدم والسباق لمسافات طويلة في الأجواء الحارة، يسبب فقدان كمية كبيرة من الصوديوم مع العرق، وإذا لم يتم تعويض هذا الجزء المفقود بتناول السوائل المحتوية على الصوديوم أو أقراص الملح أو زيادة ملح الطعام في الغذاء فإنه يترتب على ذلك الشعور بضعف عام وغثيان وتشنجات عضلية. كذلك فإن كمية كبيرة من الإلكتروليتات الأخرى الموجودة في الجسم تفقد مع العرق sweat أثناء أداء التمارين العنيفة أو العمل الشاق في الأجواء الحارة وخصوصًا البوتاسيوم والكلوريد. وتجدر الإشارة إلى أن ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم يؤدي إلى انخفاض في إفراز هرمون الألدوستيرون، وهذا يقلل من إعادة امتصاص الصوديوم في الكليتين، مما يزيد من كمية الصوديوم الخارجة مع البراز. كما أن ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم يؤثر على مستقبلات العطش في الهيبوثلامس hypothalamus الموجودة في المخ، مما يجعل الشخص يشعر بالعطش ويتناول كمية كبيرة من الماء تخرج مع البول. ويتميز ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم بارتفاع في ضغط الدم وزيادة سرعة الأيض القاعدي. ولكن عندما ينخفض مستوى الصوديوم في الدم

والسوائل خارج الخلايا فإن إفراز هرمون الألدوستيرون يزداد، مما يؤدي إلى تحفيز عملية إعادة امتصاص الصوديوم في الكليتين وتحسين امتصاصه في القناة الهضمية، وهذا يقلل من خروج الصوديوم مع البول. وتتمثل أعراض نقص مستوى الصوديوم في الدم في صورة ألم في العضـلات وتصلبها عند الأطراف وألم في البطن وفقدان الشهية للأكل والإسهال والشعور بالدوخة وقد يصاب الشخص بمرض أديسون Addison's disease الذي ينتج من عدم كفاية هرمونات الغدة الكظرية (Adrenocorticotropic hormone) . ويمكن معـالجـة مرض أديسون بواسطة تناول الكورتيزون الذي يعمل على زيادة تركيز الصوديوم في الدم. وبشكل عام فإن كمية الصوديوم الخارجة مع البول تزداد في حالة تناول وجبات غذائية غنية في محتواها من الصوديوم وتقل في حالة تناول وجبات غذائية فقيرة في محتواها من الصوديوم. ومما تجدر الإشارة إليه أنه ينصح بتناول وجبات غذائية تحتـوي على كميات منخفضـة من الصـوديوم بالنسبة للأشخاص المصابين بأمراض القلب أو تليف الكبد cystic fibrosis أو أمراض الكلى.

(٩,٩) الكلوريـد $Cl)^-$ Chloride

(٩,٩,١) المقدمـة Introduction

يعد الكلوريد من أكثر الأنيونات anions (الأيونات السالبة الشحنة) الموجودة في سوائـل جسم الإنسـان، حيث يشكل ما يقرب من ثلثي مجموع الأيونات السالبة. ويحتوي جسم الشخص البالغ على حوالي ١٤٠ جراما من الكلور (١٥,٠٪ من وزن الجسم) في صورة متحـدة مع الصـوديوم، ويوجد معظمه في السوائل خارج الخلايا خصوصًا الدم، وجزء ضئيل في داخل كرات الدم الحمراء وبعض الخلايا. وتقدر كمية الكلور في سوائل الجهاز العصبي بحوالي ٤٤٠ ملليجراما لكل ١٠٠ ملليلتر، وفي الدم ٢٥٠ ملليجراما لكل ١٠٠ ملليلتر، وفي الخلايا ١٩٠ ملليجراما لكل ١٠٠ ملليلتر، وفي خلايا النسيج العضلي ٤٠ ملليجراما لكل ١٠٠ ملليلتر.

(٢ , ٩ , ٩) وظائف الكلوريد Functions of chloride

يمكن حصر وظائف الكلوريد في جسم الإنسان كالآتي :

١ ـ يدخل هذا العنصر في تركيب حمض الهيدروكلوريك hydrochloric acid الذي يتكون في داخل الغدد المعدية gastric glands بسبب اتحاد الهيدروجين مع أيونات الكلوريد chloride ions . وكما هو معروف فإن حمض الهيدروكلوريك ضروري لتحويل الحديديك iron (Fe^{3+}) إلى حديدوز iron (Fe^{2+}) ، وهو الصورة الأكثر امتصاصًا من الأمعاء، كما أنه ضروري لتنشيط الإنزيمات المعدية gastric enzymes وعملية الهضم داخل المعدة خصوصًا بالنسبة للبروتينات .

٢ ـ يقوم بدور مهم في تنشيط إنزيم الأميليز اللعابي slivary amylase الذي يعمل على تحليل النشويات جزئيًا في الفم قبل أن تصل إلى المعدة .

٣ ـ يلعب الكلوريد دورًا بارزًا في تنظيم التوازن الحامضي ـ القاعدي acid-base balance في سوائل الجسم نظرًا لأنه يحافظ على الرقم الهيدروجيني (pH) للدم ثابتًا عند ٧,٣٥، كما أن سهولة انتقال الكلوريد بين كرات الدم الحمراء erythrocytes والبلازما plasma والذي يعرف باسم عملية تبادل الكلوريد chloride shift تساعد في المحافظة على الرقم الهيدروجيني للدم ثابتًا .

٤ ـ يعمل الكلوريد على تنظيم الضغط الأسموزي osmotic pressure وتوازن الماء water balance ، وذلك بسبب اتحاده مع الصوديوم .

٥ ـ يزيد من قدرة كرات الدم الحمراء على حمل كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من خلايا وأنسجة الجسم إلى الرئتين lungs ليخرج مع هواء الزفير إلى خارج الجسم، ويحدث هذا بسبب سهولة دخول وخروج الكلوريد من وإلى كرات الدم الحمراء، والتي يتم خلالها تبادل البيكربونات bicarbonate (HCO_3) .

٦ ـ يضاف غاز الكلور chlorine إلى الماء لتعقيمه قبل أن يضخ إلى المنازل، لأنه يعمل على قتل الميكروبات المسببة للأمراض، ثم يتبخر منه وبذلك يصبح الماء صالحًا للاستهلاك .

(٩,٩,٣) مصادر الكلوريد الغذائية Dietary sources of chloride

يعتبر ملح الطعام NaCl المصدر الرئيسي للكلوريد، ومن الأغذية الغنية به اللحوم والأسماك والبيض والحليب وجميع الأغذية المضاف لها ملح الطعام أو المحتوية على الصوديوم. ويوضح الجدول (٩,٣) تقديرات الاحتياجات الدنيا للكلوريد للأشخاص الأصحاء.

(٩,٩,٤) أعراض نقص الكلوريد Deficiency of chloride

من النادر أن يحدث نقص للكلوريد في جسم الإنسان نتيجة قلة توافره في الغذاء، ولكن توجد بعض العوامل التي تسبب انخفاض مستوى الكلوريد في سوائل الجسم مثل القيء المستمر (فقد في الكلوريد المرتبط بحمض الهيدروكلوريك) والإسهال الشديد (فقدان في الكلوريد الموجود في الجهاز الهضمي) وخروج العرق الغزير خصوصًا أثناء أداء التمارين الرياضية العنيفة أو الأعمال الشاقة في الأجواء الحارة. ولقد وجد أن انخفاض مستوى الكلوريد في الجسم يؤدي إلى حدوث زيادة في قلوية الجسم (القلاء) alkalosis بسبب إحلال البيكربونات bicarbonate مكان الكلوريد واتحادها مع الصوديوم لتكوين بيكربونات الصوديوم sodium ($NaHCO_3$) bicarbonate بدلاً من كلوريد الصوديوم (NaCl)، وتعرف هذه الحالة باسم hypechloremic alkalosis.

وتظهر أعراض نقص الكلوريد على شكل تشنجات عضلية وكثرة التهيج وتقرحات في الكليتين وانخفاض إفراز حمض الهيدروكلوريك في المعدة وكذلك انخفاض قدرة الجسم على الاحتفاظ بالماء وارتفاع قلوية الجسم بسبب ارتفاع مستوى البيكربونات في الجسم نتيجة انخفاض معدل انتقال ثاني أكسيد الكربون إلى الرئتين. وحدوث ارتفاع في مستوى الكلوريد في الجسم من الأمور النادرة جدًا، ولكن قد يؤدي زيادة نشاط قشرة الغدة الكظرية adrenal cortex إلى حدوث ذلك، ويرافق هذا زيادة في قلوية الجسم alkalosis والتي تعرف بمرض كشنج Cushing's disease.

(٩,٩,٥) احتياجات الكلوريد اليومية Dailly requirements of chloride

لم تحدد المقررات الغذائية المقترحة RDA من قبل هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحث الوطني الأمريكي NFB/NRC (١٩٨٩م) استهلاك الكلوريد. ولكن الكمية الدنيا المقدرة بأنها تفي باحتياجات المراهقين والبالغين والمسنين هي ٧٥٠ ملليجراما كلوريد في اليوم. ولقد وجد أن متوسط ما يتناوله الشخص البالغ في اليوم من الكلوريد يبلغ حوالي ٣ جرامات، ومصدر معظمه ملح الطعام. كما تقدر احتياجات الكلوريد الدنيا للرضع بحوالي ١٨٠-٣٠٠ مجم يوميًا وللأطفال (٢-٩ سنوات) بحوالي ٥٠٠-٦٠٠مجم.

(٩,٩,٦) امتصاص الكلوريد ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of chloride

يحدث امتصاص لأيونات الكلوريد الموجودة في الغذاء بسهولة وبسرعة من الأمعاء الدقيقة وبمعدل يصل إلى ١٠٠٪، ثم تنتقل الأيونات إلى السوائل خارج الخلايا عن طريق الدم والليمف. يخرج حوالي ٩٠٪ من الكلوريد الزائد على حاجة الجسم مع البول، ويخرج الباقي مع العرق في صورة كلوريد الصوديوم، وتنظم الكليتان خروج الكلوريد مع البول وإعادة امتصاصه فيها بواسطة هرمون الألدوسترون الذي تفرزه الغدة الجنبدرقية. وفي حالة حدوث خلل أو التهاب في الكليتين فإن ذلك يضعف من قدرتها على إخراج الكلوريد الزائد على حاجة الجسم واتحاده مع الصوديوم الموجود في الغذاء، ويؤدي ذلك لحالة الاستسقاء.

(٩,١٠) المغنسيوم Magnesium (Mg^{2+})

(٩,١٠,١) المقدمة Introduction

يعتبر المغنسيوم العنصر المعدني الثاني الذي يلي البوتاسيوم من حيث نسبة وجوده في العضلات وأنسجة الجسم الحية الأخرى، ويحتوي جسم الإنسان البالغ على ما بين ٢٠-٣٥ جرام مغنسيوم، منها حوالي ٧٠٪ على سطح العظام متحدًا مع أملاح

الكربونات والفوسفات والكالسيوم و ٢٨٪ في داخل الأنسجة الرخوة soft tissues و ٢٪ في السوائل خارج الخلية. ويقدر تركيز المغنسيوم في بلازما الدم بحوالي ٢-٣ ملليجرام لكل ١٠٠ مليليتر، حيث يوجد حوالي ٨٠٪ في صورة متأينة ionized حرة قابلة للتبادل مع المغنسيوم الموجود على سطح العظام، ويوجد الباقي في صورة مرتبطة مع بروتينات أخرى، مما يجعله غير قابل للتبادل. ولقد وجد أن أعلى تركيز للمغنسيوم يكون في العضلات وكرات الدم الحمراء، كما أن تركيز المغنسيوم في العضلات يكون أعلى من تركيز الكالسيوم، ولكن تركيزه في الدم يكون أقل.

(٢، ١٠، ٩) وظائف المغنسيوم Functions of magnesium

يلعب المغنسيوم دورًا حيويًا vital role في جميع المسارات الأيضية التي تحدث في جسم الإنسان، ويمكن تلخيص الوظائف الفسيولوجية للمغنسيوم في جسم الإنسان كالتالي:

١ ـ مكون أساسي في الكلورفيل Component of chlorophyll

يدخل المغنسيوم في تركيب الكلورفيل Chlorophyll (في النباتات الخضراء) الذي يشبه الهيموجلوبين في تركيبه فيما عدا أن الأخير يحتوي على الحديد في حلقة الهيم heme بينما يحتوي الأول على المغنسيوم.

٢ ـ تنشيط الإنزيمات Activation of enzymes

يلعب المغنسيوم دورًا مهما في تنشيط الإنزيمات اللازمة لتوليد الطاقة من البروتينات والدهون والكربوهيدرات، وكذلك في تنشيط إنزيمات أخرى، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:

(أ) تنشيط الإنزيمات الضرورية لإضافة مجموعة فوسفات ثالثة إلى مركب أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP لتكوين أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (الأكسدة الفوسفورية Oxidative phosphorylation).

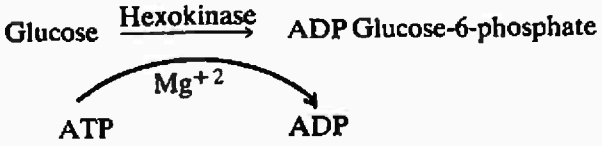
(ب) تنشيط إنـزيم الفـوسفـاتيز القلوي alkaline phosphatase الضروري لترسيب الكالسيوم والفوسفور في الهيكل العظمي (عملية التكلس)، كما أن التركيز المعتدل من المغنسيوم يعمل على تثبيت الكالسيوم في مينا الأسنان tooth enamel ، وهذا يعمل على منع التسوس والنخر decay .

(جـ) تنشط إنزيمات الإنوليز enolase والداي هيدروجينيز الأيزوسترات iso citric dehydrogenase والفوسفوريليز phosphorylase الضرورية لعملية أيض الكـربـوهيدرات وإنتـاج الـطاقـة. كما ينشط المغنسيوم عددًا كبـيرًا من الإنزيمات الضرورية لأيض البروتينات والدهون المولدة للطاقة.

(د) تنشيط الإنزيمات التي تساعد على تحويل ATP إلى cyclic-AMP التي تنظم إفراز هرمون الباراثيرويد PTH .

(هـ) تنشيط إنزيم الكولين إستريز cholinesterase الذي يؤثر على وظائف الجهاز العصبي، ولهذا يلعب المغنسيوم دورًا مهمًا في منع حدوث التكزز.

(و) يعمـل على تنشيط إنـزيم هكسـوكينيز hexokinase الضروري لتحـويل الجلوكوز إلى جلوكوز ـ ٦ ـ فوسفات، كما ينشط إنزيم الأرجينيز arginase في دورة اليوريا.



٣ ـ يلعب المغنسيوم دورًا مهمًا في عملية ارتخاء العضلات Relaxation of muscles

وتتم بعد عملية الانقباض contraction ، وهو بذلك يؤدي وظيفة تضاد وظيفة الكالسيوم كعامل مساعد على انقباض العضلات. حيث يعمل المغنسيوم على تنشيط إنزيم actomyosin ATPase الضروري لارتخاء العضلات وكذلك تثبيط إنزيم mosin ATPase اللازم لانقباض العضلات.

٤ ـ تصنيع البروتينات Synthesis of proteins

يساعد المغنسيوم في تصنيع البروتينات نظرًا لأنه يعمل على تجميع الريبوزومات ribosomes واتصالها مع RNA عند ترتيب البروتين في الخلية.

٥ ـ نقل النبضات العصبية Transmission of nerve impulses

يعمل المغنسيوم على نقل الإشارات العصبية nerve impulses من خلية إلى أخرى على طول الأعصاب والعضلات بسبب تفاعله مع الصوديوم والبوتاسيوم.

(٣, ١٠, ٩) مصادر المغنسيوم الغذائية Dietary sources of magnesium

تعد الخضروات الخضراء green vegetables مصادر جيدة للمغنسيوم نظرًا لأنه يدخل في تركيب صبغة الكلورفيل chlorophyll الخضراء التي توجد في معظم الأنسجة النباتية. كما يوجد المغنسيوم بكميات جيدة في الحبوب الكاملة Whole grains ومنتجاتها خصوصًا الخبز الأسمر، وكذلك في المكسرات وفول الصويا والبقوليات (الفاصوليا والبازلاء الجافة) والكاكاو. أما بالنسبة للحوم ومنتجاتها والحليب ومنتجاته والبيض فإنها تحتوي على نسب ضئيلة من المغنسيوم. وعلى الرغم من أن الحليب يحتوي على نسب منخفضة من المغنسيوم، إلا أنه يمد الرضيع والطفل باحتياجاتهما اليومية منه. ومما تجدر الإشارة إليه أيضا أن إزالة القشرة الخارجية للحبوب أثناء التصنيع يترتب عليه فقدان معظم محتواها من المغنسيوم، لهذا فإن محتوى الدقيق الأبيض من المغنسيوم يعادل خمس ما يحتويه الدقيق الأسمر.

(٤, ١٠, ٩) نقص المغنسيوم Deficiency of magnesium

من النادر أن تظهر أعراض نقص المغنسيوم على الإنسان، نظرًا لانتشاره في العديد من الأغذية المختلفة، إلا أن تناول أغذية فقيرة في المغنسيوم لمدة طويلة أو ضعف امتصاصه من الأمعاء أو زيادة في إخراجه مع البول يؤدي إلى خفض مستواه في الدم إلى أقل من ١ ملليجرام لكل ١٠٠ ملليليتر. كما أن الإصابة بالإسهال الشديد والقيء المستمر والإفراط في تناول الكحول alcoholism، وتعاطي بعض الأدوية (مثل

المليِّنات ومدرات البول diuretics) والتغوط الدهني steatorrhea وداء البول السكري diabetes والفشل الكلوي هي عبارة عن عوامل تؤدي إلى خفض مستوى المغنسيوم في الدم hypomagnesemia . وتتمثل أعراض نقص المغنسيوم في صورة رجفان ورعشة وتشنجات في العضلات (يترتب عليها عدم التحكم في حركات اليدين والرجلين) وتشوش الحس (إحساس بالخدر أو النمل) paresthesia وإفراط التهيج hyperirritability وتورد في الجلد بسبب توسع الأوعية الدموية vasodilation وهذيان delirium وقد تحدث الوفاة في النهاية. وهذه الأعراض مشابهة لأعراض نقص الكالسيوم في الدم hypocalcemia والتي تؤدي إلى الإصابة بالتكزز. ولقد أمكن معالجة أعراض نقص المغنسيوم بإعطاء المريض حقنا من أملاح المغنسيوم.

(٥, ١٠, ٩) احتياجات المغنسيوم اليومية Daily requirements of magnesium

لقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) المقررات الغذائية الموصى بها RDA للمغنسيوم، وهي ٤٠ - ٦٠ ملليجرامًا في اليوم للرضع و ٨٠-١٧٠ ملليجراما في اليوم للأطفال و ٣٥٠ ملليجرامًا في اليوم للرجل البالغ والمسن و ٢٨٠ ملليجرامًا في اليوم للمرأة البالغة والمراهقات. وتزداد هذه المقررات إلى ٣٢٠ ملليجرامًا في اليوم أثناء فترة الحمل، وكذلك إلى ٣٥٥ و ٣٤٠ ملليجرامًا أثناء الستة الشهور الأولى والثانية من الرضاعة على التوالي. ولم تصدر منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية الاحتياجات اليومية للمغنسيوم، بينما أوصت المواصفات الكندية بتناول ٣٠٠ ملليجرام في اليوم للرجل البالغ و ٢٥٠ ملليجراما للمرأة البالغة.

ومما تجدر الإشارة إليه أيضًا أن كمية المغنسيوم الموصى بها للرضع والأطفال تعتمد على كمية المغنسيوم المتناولة مع الحليب، حيث إن حليب الأبقار يحتوي على ١٢ ملليجراما مغنسيوم لكل ١٠٠ ملليليتر، بينما يحتوي حليب الأم على ٤ ملليجرامات لكل ١٠٠ ملليليتر.

(٩,١٠,٦) امتصاص المغنسيوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of magnesium

يمتص المغنسيوم في الأمعاء الدقيقة، وبشكل رئيسي من الصائم واللفائفي بطريقة النقل النشيط active transport ، وتقدر نسبة الامتصاص بحوالي ٤٠٪ من المغنسيوم الموجود في الغذاء، ويخرج الباقي (٦٠٪) مع البراز. كما ترتفع نسبة امتصاص المغنسيوم إلى ٧٥٪ عند تناول وجبة غذائية فقيرة في المغنسيوم وتنخفض إلى ٢٥٪ عند تناول وجبة غذائية غنية بالمغنسيوم. ولقد وجد أن هناك علاقة عكسية بين امتصاص المغنسيوم وامتصاص الكالسيوم، حيث إن تناول كميات كبيرة من أحدهما تتعارض مع امتصاص الآخر. كما يؤدي ارتفاع نسبة الكالسيوم في الدم إلى زيادة في إخراج المغنسيوم مع البول والعكس. ويزيد تناول مدرات البول والكحول من خروج المغنسيوم مع البول. والجدير بالذكر أن الكليتين تتحكمان في تنظيم خروج المغنسيوم الزائد على حاجة الجسم مع البول بمساعدة هرمون الألدوستيرون الذي تفرزه الغدة الجنبدرقية adrenal gland .