المحاضرة الخامسة عشرة

العناصر المعدنية الضرورية بكميات كبيرة

العناصر المعدنية الرئيسة الكبرى

الكالسيوم Calcium

هو احد العناصر الرئيسة Major elements الموجودة في الجسم وتقدر كميته بنحو ١,٥-٢ ٪ من وزن الجسم. ان نحو ٩٩% من هذه الكمية موجودة في الجهاز العظمي والأسنان. ويوجد بشكل مركبات كالسيوم وفسفور لما يسمى هيدروكسي اباتيت Hydroxyapatite Ca10(po4)6(OH)2 وهذه المركبات المكونة لأنسجة العظام تتغير زيادة ونقصانا اعتمادا على عوامل مختلفة منها حاجة الجسم إلى الكالسيوم اذ ان كمية الكالسيوم التي تدخل وتخرج من الجسم يوميا تقدر بنحو ٧٠٠ ملغرام.

اما النسبة الباقية وهي ١% فانها توزع على أنسجة وخلايا وسوائل الجسم الأخرى . يوجد الكالسيوم في السيرم Serum بتركيز يتراوح بين ٩-١١ ملغرام / ١٠٠ مللتر ويتم التحكم بهذا التركيز عن طريق هورمون الغدة فوق الدرقية Parathyroid Hormone (PTH).

وكذلك فيتامين D 1,25 dihydroxy cholcalciferol يوجد الكالسيوم بشكل طبيعي على الصور الاتية:

١- غير قابل للتبادل Non - diffusible

أن نحو نصف الكالسيوم الموجود في البلازما plasma يكون مرتبطة بالبروتينات منها الألبومين والكلوبيولين

٢- قابل للتبادل ومتأين Diffusible Ionized free Calcium (Ca++)

ويشكل نحو ٤٥٪ من الكالسيوم الموجود في البلازما وله دور هام في عملية تمثيل الكالسيوم في الجسم في العظام والجهاز العصبي والقلب. وهو قابل للتبادل مع كالسيوم هذه الاعضاء او الانسجة.

٣- مركبات عضوية معقدة

ويشكل حوالي 5% من كالسيوم البلازما وهو ايضا قابل للتبادل وهو موجود بشكل معقدات مثل السترات.

تمثيل الكالسيوم

هناك أكثر من عامل يؤثر في حالة التوازن لمحتوى الكالسيوم في الجسم ال Homeostasis ويحافظ على مستوى الكالسيوم في البلازما ضمن المدى الطبيعي Normal range وهي:

١- توازن امتصاص وافراز الكالسيوم من خلايا الأمعاء

٢- مسؤولية الكليتين عن ضبط كمية الكالسيوم الخارجة عن طريق البول

٣ - المحافظة على خزين الكالسيوم في العظام.

٤- السيطرة الهورمونية Hormone regulation من لدن ثلاثة هورمونات وهي : فيتامين D، وهورمون جار الدرقية (PTH) وهورمون الكالسيتونين Calcitonin.

<u>توازن امتصاص وافراز الكالسيوم</u>

أن نحو ١٠-٣٠% من الكالسيوم الذي في الغذاء يتم امتصاصه و عادة يكون الكالسيوم معقدات. مع العناصر الأخرى في الغذاء ولكي تتم عملية الامتصاص يجب أن يتحرر من هذه المعقدات. ويصبح قابلا للامتصاص ويتم امتصاص الكالسيوم في الإثني عشر وذلك في المناطق التي لم تتغير pH الغذاء كثيرا بعد خروجه من المعدة اذ تكون أملاح الكالسيوم غير ذائبة في الوسط القليل الحموضة او إلـ pH العالية.

واستجابة لفعل فيتامين D فان خلايا الاثني عشر تصنع البروتين الحامل او الذي يرتبط بالكالسيوم Calcium - binding protein carrier (CaBP) حيث يرتبط به الكالسيوم وينتقل عبر خلايا الأمعاء Mucosa cells ثم الى مجرى الدم في الحيوانات بتحفز الكالسيوم بوجود هورمون البرولاكتين prolactin ولو قل فيتامين D.

هناك عدد من العوامل المختلفة التي تؤثر في امتصاص الكالسيوم منها مايزيد امتصاصه وهي:

١- حاجة الجسم للكالسيوم: خلال فترة زيادة الطلب على الكالسيوم من لدن الجسم ولاسيما خلال النمو او عند حالات الفقد depletion states وكذلك في حالة الحمل والرضاعة والكبر حيث تزداد احتياجات الكالسيوم ويزداد الطلب عليه في هذه الحالات يزداد الكالسيوم الممتص.

٢- تركيز ايونات الكالسيوم في البلازما: أن انخفاض طفيفا في كالسيوم السوائل الجسمية فان امتصاصه يزداد . أن تركيز ايونات الكالسيوم تتأثر بالبروتين المستقبل داخل الخلية intracellular receptor protein ويطلق عليه كالموديولين Calmodulin الذي يرتبط بأيون الكالسيوم عندما يزداد تركيزه نتيجة لعوامل محفزة.

٣- بروتين الغذاء: تزداد كمية الكالسيوم الممتصة بزيادة البروتين المتناول لكن هذه الكميات العالية من الكالسيوم الممتص سوف تزيد من الفاقد عن طريق الكليتين حيث يؤدي الى التوازن السالب للكالسيوم . ولهذا فان ارتفاع نسبة البروتين بالغذاء سوف يزيد من احتياجات الكالسيوم للمحافظة على توازن الكالسيوم

٤- كاربوهيدرات الغذاء: اللاكتوز يزيد من أمتصاص الكالسيوم في الأمعاء الدقيقة ومنها في منطقة ileum من خلال فعل البكتريا من نوع ال lactobacilli حيث تنتج حامض اللاكتيك lactic acid مما يؤدي إلى انخفاض الى pH اى زيادى الحموضة التي تساعد على امتصاص الكالسيوم . ولهذا فإن طبيعة وجود الكالسيوم واللاكتوز في الحليب هو في الحقيقة شيء منفعي ومزيج جيد في الغذاء

٥- الحموضة: يساعد انخفاض ال pH او زيادة الحموضة في زيادة الكالسيوم الممتص حيث تساعد على زيادة ذوبانه وتأينه . ومن العوامل مايقلل من امتصاص الكالسيوم ومنها:

١- نقص فيتامين D: يعد فيتامين D هورمونا حيث يعد ضروريا لامتصاص الكالسيوم عبر جدار خلايا الأمعاء.

٢- دهن الغذاء: أن زيادة الدهن في الغذاء او قلة امتصاصها من الأمعاء مما يجعل كمياتها كبيرة في الأمعاء وهذا يؤدي إلى عرقلة امتصاص الكالسيوم من خلال تكوين مواد غير دائبة للكالسيوم على شكل صوابين Soaps وهذه الصوابين تفقد من الأمعاء إلى خارج الجسم.

٣- نسبة الكالسيوم / الفسفور Ca/ pratio النسبة المثالية للكالسيوم / الفسفور هى ١,٥/١ للاطفال والمرأة في الفترة الأخيرة من الحمل وخلال فترة الرضاعة أو خلال النمو السريع اما بالنسبة للبالغين فتكون٢:١ أن زيادة أحد هذين العنصرين في الغذاء عن هذه النسب فان كليها يقل امتصاصها . مثال ذلك زيادة الفسفور موازنا بعنصر الكالسيوم يؤدي إلى تكوين فوسفات الكالسيوم التي تجعل من الكالسيوم غير متوفر للامتصاص فضلا عن أن قد جعلها متنافسين على المواقع في عملية الامتصاص من خلال خلايا الأمعاء. أن كمية الكالسيوم والفسفور في السيرم عادة ما يحافظ عليها بالنسبة الطبيعية ويطلق عليه اسم Serum calcium phosphorus ratio ويعبر عنها بحاصل ضرب كمية الكالسيوم بالفسفور ومحسوبة بالملغرام لكل ١٠٠ مللتر لكل عنصر.

فالتركيز الاعتيادي للبالغين مثلا ١٠ ملغرام كالسيوم / ١٠٠ مللتر و ٤ ملغرام فسفور/ ١٠٠ مللتر. . وفي حالة الاطفال يكون الفسفور ٥ملغرام / ١٠٠ مللتر ولهذا فان نسبة الكالسيوم / الفسفور في السيرم يعبر عنها ب:

١٠ ×٤ للبالغين و ١٠ × ٥ للاطفال.

٤- الالياف والمواد الماسكة Fibers and binding agents زيادة كمية الألياف في أغذية تقلل من امتصاص الكالسيوم وهناك عدد من المواد الماسكة او المعرقلة مثل حامض الأوكزاليك حيث يرتبط بالكالسيوم ويكون اوكزالات الكالسيوم وحامض الفايتيك الذي يكون فايتات الكالسيوم Calcium phytate وكلاهما غير ذائب ويمنع امتصاص الكالسيوم من خلال

خلايا الأمعاء. ويكثر حامض الاوكزاليك في الخضراوات ذات الأوراق الخضر خاصة. أما حامض الفايتيك فيوجد في قشور البذور ولاسيما الحنطة .

٥- القاعدية Alkalinity زيادة القاعدية تعمل على إعاقة امتصاص الكالسيوم حيث تجعل من مركباته غير ذائبة فيصعب امتصاص الكالسيوم منها.

افراز الكالسيوم Calcium Excretion

أن كمية كبيرة من الكالسيوم المتناول عن طريق الغذاء لايتم امتصاصها بل تخرج عن البزاز حيث تقدر كمياتها بحوالي اكثر من ٧٠٪ منه. عند زيادة الكالسيوم في السيرم نتيجة لحركة الكالسيوم من العظام او مخازن الجسم فان كميات منه سوف تخرج عن طريق البول. في الحالات الطبيعية يمكن اعادة امتصاصه نحو ٩٩% من الكالسيوم عن طريق الكليتين. كذلك يفرز الكالسيوم عن طريق الافرازات الجسمية في الجهاز الهضمي منها عصارة الصفراء.

التوازن بين حركة وترسيب الكالسيوم Deposition - Mobilization Balance of Calcium آن العظام في حالة ديناميكية عالية وفي حالة توازن بين عملية الترسيب Deposition وانحلال او حركة Mobilization الكالسيوم طبيعيا تبقى كمية الكالسيوم الموجودة في الجسم في حالة ثابتة وهي مايسمى bone compartment والتي تكون نحو ٩٩٪ من الكالسيوم الموجود في الجسم.

أن الكالسيوم المتأين الحرفي الدوران يترسب في العظام على حين الكالسيوم المخزن في العظام يعوض المتأين ويتبادل معه بشكل ديناميكي بمستويين مختلفين. نحو ٤ غم كالسيوم تتبدل بصورة ثابتة ككالسيوم متأين في الدم او البلازما بالمقابل الجزء الكبير الباقي في العظام ثابت هناك ثلاث هورمونات لها علاقة بعملية تنظيم وتوازن مستوى الكالسيوم في الجسم.

١- هورمون فيتامين D:

بالتوازن مع هورمون جار الغدة الدرقية PTA فان لفيتامين D دورا في عملية تحفي النقل الفعال للكالسيوم والفسفورو من خلال خلايا الأمعاء ويشجع عملية معدنه العظام بشكل طبيعي و تكلس العظام بمساعدة حركة الكالسيوم من الدم إلى العظام .

٢- هورمون ال PTH جار الدرقية.

يعمل هذا الهورمون بالتوازن مع فيتامين D وذلك للمحافظة على مستوى أيونات الكالسيوم الحرة في الدم. عندما ينخفض هذا المستوى في البلازما فان غدة فوق الدرقية تعمل على افراز هورمون PTH الذي يعمل على:

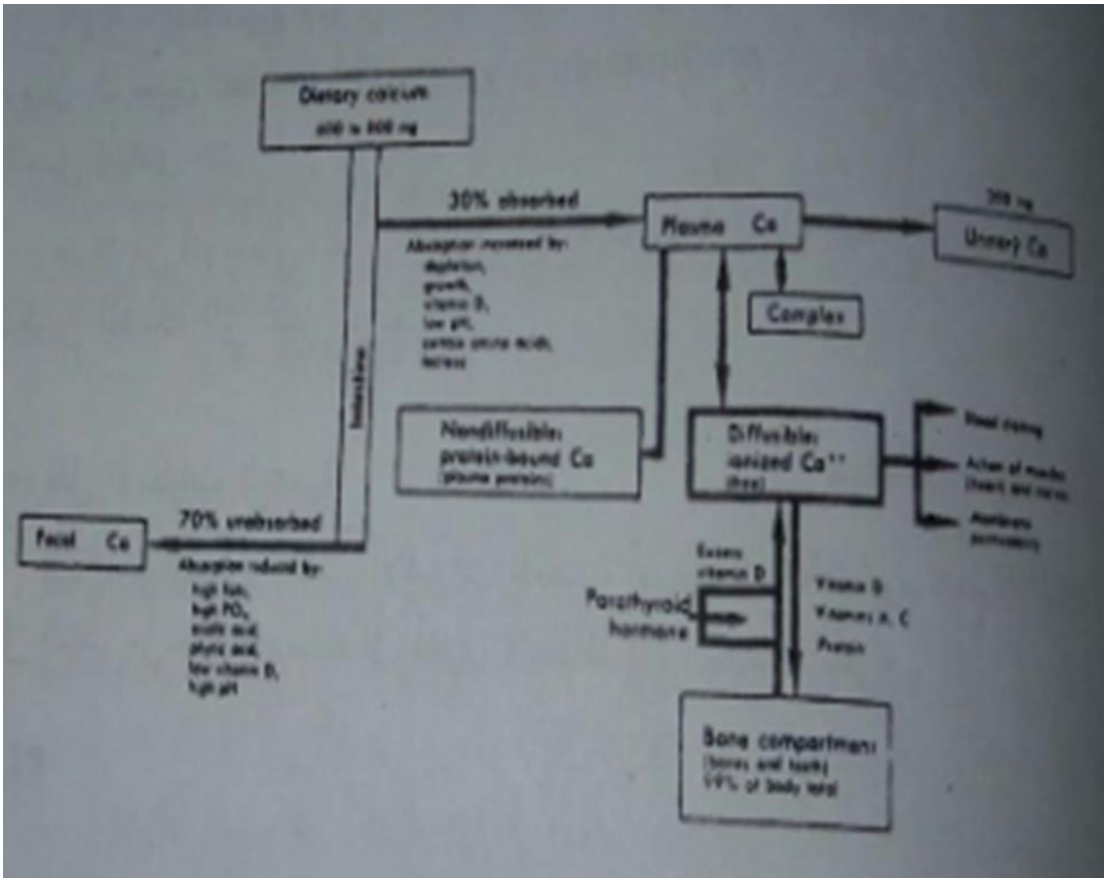
١- يحفز خلايا الأمعاء على زيادة امتصاص الكالسيوم.
٢- تحريك الكالسيوم من العظام الى البلازما.
٣- يساعد في زيادة افراز الفوسفات.

هذه العوامل الثلاثة تساعد على المحافظة على نسبة الكالسيوم والفسفور بالشكل الطبيعي يؤدي ذلك إلى عدم انخفاض الكالسيوم المتأين في السيرم الى الحد الذي يظهر فيه حالة ال Tetany موازنة بالفسفور.

٣- هورمون الكالسيتونين Calcitonin

الكالسيوتين ببتيد متعدد Polypeptide يفرز من قبل خلايا الأنسجة الرابطة في الغدة الدرقية Thyroid gland وهو مسؤول أيضا عن تمثيل فيتامين D. ودور الكالسيوتين هو منع ارتفاع غير الطبيعي في الكالسيوم في السيرم بوساطة التقليل من تحرير الكالسيوم من العظام. ولهذا فان فعله يعادل وبالعكس فعل هورمون فوق الغدة الدرقية PTH. آن لهذه العوامل الثلاثة دورا مهما في عملية تنظيم الكالسيوم التي لا يمكن لأي عامل على حدة من أن يقوم بهذه الأدوار مجتمعة مع بعضها ولهذا يطلق على ذلك Synergism أي الترابط بين مجموع فعل هذه العوامل الثلاثة لأداء الوظيفة المعنية انظر شكل (١٢-١).

الشكل (١٢-١) تمثيل الكالسيوم ونسب توزيعه في انسجة الجسم المختلفة



وظائف الكالسيوم

١- تكوين العظام

أن ٩٩٪ من الكالسيوم الموجود في الجسم متخصص لبناء العظام. وهذا يتم بوساطة عدد من الخلايا.

خلايا أوستيوبلاست Osteoblasts وهي التي تكون تركيب العظام التي يترسب فيها الكالسيوم والفسفور على شكل فوسفات الكالسيوم وتكون بلورات العظام. خلايا اوستيوكلاست Osteoclasts وهي خلايا خاصة كبيرة الحجم ومتعددة النواة موجودة على سطح العظام وهي التي تلتهم بلورات العظام وتهضمها ولهذا تعد phagocytic cells والمركبات الفوسفاتية للكالسيوم تكون على شكل بلورات لمركبات هيدروكسيلية يطلق عليها بالهايدروكسي اباتيت Hydroxyapatite $Ca_{10}(po_4)_6(OH)_2$ وقد تحمل ايونات الفلور والكاربونات محل الهيدروكسيل بينما تحل ايونات المغنيسيوم محل الكالسيوم جزئيا.

٢- تكوين الأسنان

إن الخلايا المتخصصة في تكوين الأسنان في خلايا الإميلوبلاست Ameloblasts اذ يترسب الكالسيوم والمكونات الأخرى فيها.

٣- تخثر الدم

الايونات الكالسيوم دور في عملية تخثر الدم حيث يعد ضرورية في عملية تكوين بروتين الثرومبين Thrombine من بروتين prothrombin.

فضلا عن أنه يعطى الفايبرين Fibrin المكون نتيجة لعملية التخثر النباتية والصلابة التكوين الشبكة التي تمنع النزف.

٤ - نقل الاشارات العصبية Nerve transmission

الكالسيوم ضروري لنقص الاشارات العصبية أن ايونات الكالسيوم تدفع بالإشارات على التنقل من خلايا عصبية إلى أخرى لايصالها إلى العضلة المطلوبة ايونات الكالسيوم في سؤال خارج الخلية ECF وفي المناطق الاتصالات العضلية العصبية neuromuscular junction تجعل الناقل العصبي neurotransmitter وهو الاستايل كولين acetylcholine يحفز الياف العضلات للحركة، اذ يتحول الأسيتايل كولين بفعل انزيم Cholineesterase بمساعدة أيونات الكالسيوم لتكوين حامض الخليك والكولين اذ يتم نقل الاشارة العصبية.

٥- تقلص وانبساط العضلات muscle contraction and relaxation

كل ليف عضلي يحتوي على عدد من الوحدات المتقلصة تدعى المأيوفايبريل myofibrils التي تتكون من الياف عضلية بروتينية وهي المايوسين Myosin والاكتين Actin بجانب كل مايوفايبريل هناك شبكة انبوبية Tubular riticulum. الكالسيوم يرتبط بقوة بهذه الشبكة وعندما تأتي الإشارة إلى العضلة للانقباض فأن الكالسيوم يتحرر فجأة ويتأين ثم يتحرك من موقعه وهذه العملية تنشط التفاعل الكيمياوي بين المايوسين والاكتين فضلا عن تحرير الطاقة على شكل ATP وبهذه النتيجة تقلص العضلات وعند رجوع او ارتباط ابونات الكالسيوم مرة ثانية بالشبكة الانبوبية فأنه يحصل الانفصال وحل الاشتباك بين المايوسين والاكتين حيث يحدث الارتخاء relaxation وهناك عناصر اخرى لها ايضا في هذه العملية مثل البوتاسيوم والمغنيسيوم.

٦- نفاذية العناصر من غشاء الخلية Cell membrane permeablity

يؤثر عنصر الكالسيوم في نفاذية غشاء الخلية اذ يعتقد بأنه يؤثر في المواد الماسكة المدعمة داخل جدار الخلية وتكوينها intracellular cement substances

٧- فعل الانزيمات Enzyme action

للكالسيوم دور مهم في تنشيط عدد من الأنزيمات مثل ATPase (adenosin triphosphatase) في تحرير الطاقة عند تقلص العضلات، ولها نفس الدور مع الانزيمات الأخرى مثل lipase وكذلك protein splitting enzyme system وعدد من الانزيمات .

<u>أعراض نقص الكالسيوم</u>

١- الكزاز Tetany

قلة الكالسيوم المتأين في السيرم يسبب الكزاز Tetany ومن أعراضه تقلص وتشنج شديدين متقطع وغير منتظم للعضلات مصحوبا بالأم. يصاحب هذه الحالة الاطفال عندما يتغير نوع الحليب من حليب الأم ذي النسبة الجيدة بين P/Ca، وقد يكون السبب زيادة الفسفور موازنة بالكالسيوم.

يصاب بكزاز الحليب الأطفال المولودون حديثا وذلك عند تغذيتهم بحليب الأبقار غير المخفف حيث تكون فيه النسبة بين الفسفور الى الكالسيوم عالية موازنة بحليب الأم. ولا تستطيع الكليتين عند هؤلاء الأطفال من تصفية حمل الفسفور. ولهذا فبسبب نقص الكالسيوم في السيرم الى كمية الفسفور بسبب الكزاز تشنج العضلات Tetanic muscular spasms ومثال عليه تشنج الأرجل المؤقت عند الحامل transiet leg cromps ويعتقد أن السبب تناول كميات كبيرة من الفسفور مقارنة بالكالسيوم .

٢ - مسامية العظام Osteoporosis

آن فقدان العظام للكالسيوم والمعادن بصورة عالية يحدث عند كبار السن ولاسيما النساء بعد سن اليأس postmenopausal في معظم الحالات لايتم علاجه باعطاء الكالسيوم أو زيادة كميته فقط لكن يصاحب ذلك أداء التمارين الرياضية والحركة . تتميز العظام بمساميتها وسهولة كسرها وصعوبة التئآمها.

٣- لين العظام Osteomalacia

يتميز هذا الخلل بظمور العظام ولينها ومرونتها وهشاشتها فضلا عن سهولة انكسارها . ويحدث هذا الخلل في كبار السن وكذلك عندما يزداد الطلب على الكالسيوم ولاسيما في مرحلة الرضاعة والحمل. ويحدث بصورة عامة نتيجة سحب المعادن من العظام ولاسيما الكالسيوم .

٤- الكساح Rickets

يرتبط هذا المرض بنقص فيتامين D الذي يؤدي إلى نقص امتصاص الكالسيوم ها يؤدي إلى لين العظام وتغيير شكلها ولاسيما في فترات اول تكوينها عند الأطفال في سي حياتهم الأولى والثانية.

<u>احتياجات الكاسيوم</u>

لسد حاجة كل هذه الوظائف المهمة في الجسم فأن المنظمات المتخصصة ومنها الأمم المتحدة، منظمة الغذاء والزراعة FAO والجهات المسؤولة عن التوصيات والمقررات في الولايات المتحدة الأمريكية، الـ FDA، توصي بأخذ نحو ٤٠٠ - ٥٠٠ ملغرام كالسيوم في اليوم للبالغين، و ٨٠٠-١٢٠٠ ملغرام للمرأة الحامل والمرضع.

والطفل الذي عمره من سنة تكون التوصيات٣٦٠ - ٥٤٠ ملغرام اما الاطفال ٨٠٠-١٢٠٠ ملغرام. وبصورة عامة فأن الحالات التي يجب أن تزداد حاجة الكالسيوم لديهم هي حالات المرأة الحامل والمرأة المرضع وكبار السن والأشخاص الذين يعانون من سوء الامتصاص عند اجراء الجراحة في الجهاز الهظمي ، كذلك الاطفال.

إن زيادة الكالسيوم في الغذاء تزيد من كثافة العظام BoneDensity و١٥٠٠ ملغرام تساعد الكبار في السن والاعمار المتوسطة من عدم فقدان كالسيوم عظامهم

<u>مصادر الكالسيوم</u>

تعد منتجات الألبان المصدر الرئيس للكالسيوم الجدول المرقم (١٢ - ٢) يبين. الكالسيوم في منتجات الألبان المختلفة.

وهناك طائفة من الأغذية التي تحتوي على كمية معقولة من الكالسيوم مثل البيض والخضراوات ذات الأوراق الخضر والبقول والنقول والحبوب الكلية whole grain.

الجدول (١٢-٢) كمية الكالسيوم الموجودة في منتجات الالياف المختلفة

المنتج	كمية الكالسيوم (ملغرام)
١ كوب حليب كامل	٢٩١
١ كوب حليب فرز	٣٠٢
١ كوب لبن قليل الدسم	٤١٥
اونس (٢٨غم) جبن تشدر	٢٠٤
اونس (٢٨غم) جبن سويسري	٢٧٢

الفسفور Phosphorus

يرتبط الفسفور عادة ارتباطا وثيقا بالكالسيوم من الناحية. التغذوية والبايولوجية والفسيولوجية ويصاحب احدهما الآخر في الكثير من التراكيب مثل تركيب العظام او الاسنان فضلا عن ارتباطها فسيولوجيا اذ يتأثران بفعل نفس الهورمونات مثل فيتامين D وهورمون فوق الدرقية وبرغم كل هذا التشابه والتقارب فأن لكل منها وظائفه الخاصة.

وجوده في الجسم

تتراوح نسبة الفسفور في الجسم مابين ٠,٨ - ١,١% ومن هذه الكمية فإن حوالي ٨٠-٩٠% منه موجود في الجهاز العظمي بما فيها الأسنان وهو موجود مع الكالسيوم. أما النسبة الباقية وهي ١٠-٢٠% منه موجودة في الخلايا الجسم المختلفة ويكون الفسفور في هذه الحالة أكثر فعالية وأكثر أهمية في اداء الوظيفة التركيبية الكيمياوية في حياة الخلية . ويكون الفسفور بشكل عضوي وغير عضوي. وهو عنصر ضرورية ميتابولزم الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات في تحرير الطاقة وبناء وتكوين الأنسجة أما تركيزالفسفور في السيرم بشكل طبيعي فيتراوح بين ٣- ٤,٥ ملغرام لكل ١٠٠ مللتر عند البالغين ويرتفع هذا المدى. الى ٤-٧ ملغرام / ١٠٠ متر في لدى الأطفال وذلك بسبب زيادة سرعة النمو حيث يكون ضروريا.

توازن امتصاص وافراز الفسفور

يتم امتصاص الفسفور من خلايا الأمعاء في الجزء يسمى بالصائم Jejunum ويعتمد على وجود عنصر الكالسيوم والنسبة بينها (١:١) وينظم بوساطة فيتامين D كهرمون ويشكلdihydroxycholcalciferol ١,٢٥ بوساطة ما يسمى بميكانيكية التغذية العكسية feedback mechanism للفعل الهورموني فأنه عندما يكون مستوى الفسفور في السيرم منخفضا فان الكليتين تتحفزان لانتاج هورمون فيتامين D الذي بدوره يشجع امتصاص الفسفور من الامعاء.

إن النسبة الكالسيوم والفسفور أهمية في عملية الامتصاص بزيادة احدهما عن الثاني في الغذاء المتناول يجعل الفاقد من الاخر من خلال الأمعاء كبير، إن الفسفور موجود في الأغذية بشكل فوسفات ولهذا فإن الخطوة الأولى في عملية امتصاصه هو فعل الفسفور بشكل حر ليكون جاهزة للامتصاص.

إن العوامل التي تؤثر في امتصاص عنصر الكالسيوم تؤثر في امتصاص عنصر الفسفور ايضا. وزيادة الكالسيوم والمواد الماسكة الاخرى binding materials وعناصر اخرى مثل الالمنيوم والحديد تثبط امتصاص الفسفور.

إن طريق الكليتين هو الطريق الاعتيادي الذي يمكن به التخلص من الفسفور من الدم اي افرازه. إن حوالي ٨٥-٩٠% من فسفور البلازما يترشح إلى الكليتين بصورة طبيعيه ثم يعاد امتصاصه ثانية مع الكالسيوم تحت تأثير هورمون فيتامين D وهورمون جار الدرقية PTH يعيد التوازن عكسيا ضد هورمون فيتامين D ، عندما تزداد كمية الفسفور فأن الهورمون يعمل على عدم إعادة امتصاص الفسفور وذلك لضرورة المحافظة على النسبة المثالية بين الكالسيوم والفسفور، إن كمية الفسفور المفقودة خلال الكليتين للشخص الذي يتغذى غذاء اعتيادية تتراوح بين ٠,٦ - ١,٨ غم / ٢٤ ساعة .

<u>وظائف الفسفور</u>

أ- تكوين العظام والأسنان: كما ذكرنا سابقا يوجد نحو ٨٠-٩٠% من الفسفور في العظام والأسنان حيث يترسب وينحل من العظام بصورة مستمرة ويكون على شكل فوسفات الكالسيوم.

ب - الباقي من هذه النسبة له دور الوظائف الأخرى الآتية :

١- إن للفسفور دورا في عملية امتصاص الكلوكوز والكليسيرول من خلال عملية الفسفرة phosphorylation حيث ترتبط الفوسفات بالكلوكوز والكلسيرول في الدهن ليسهل امتصاصها من خلال الامعاء . كذلك فأن عملية الفسفرة تشجع عملية اعادة امتصاص الفسفور في الكليتين.

٢- إن للفسفور دورة ايضا في نقل الأحماض الدهنية عن طريق ارتباطه بالدهون ليكون فوسفولبيدات حيث تقوم بدور الناقل للأحماض الدهنية.

٣- بعد الفسفور مهما في عملية تمثيل الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات

٤- له دور أيضا في تكوين مركبات مهمة منها القواعد النتروجينية ومنها ال ATP وكذلك المكونة لتركيب الأحماض النووية الـ RNA والـ DNA 5

٥- تعد مركبات الفسفور الموجودة في الجسم ولاسيما سوائل الجسم مركبات مهمة في عملية تنظيم المحاليل Buffer system والحفاظ على الوسط الحامضي القاعدي Acid - base balance.

اعراض نقص الفسفور

يصطلح على انخفاض مستوى الفسفور في الدم أسم Hypophosphatemia وتنتج هذه الحالة بسبب قلة امتصاص الفسفور من خلايا الأمعاء أو نتيجة خلل هورموني قد يكون زيادة إفراز هورمون PTA اذ يؤدي إلى عدم إعادة امتصاص الفسفور عن طريق الكليتين. وهذا النقص يؤدي إلى ظهور أعراض مثل: - ضعف النمو والشعور بالإجهاد ثم ضعف العضلات فضلا عن انحلال معادن العظام. أن استخدام الانسولين في معالجة مرض السكر يؤدي إلى تكوين الكليكوجين وخزن الكربوهيدرات من الكلوكوز الموجود في الدم. وهذه العمليات تتطلب كميات كبيرة من الفوسفات الدم. لهذا السبب يعطي المرضى بداء السكر الفوسفات مصاحبة لعلاجهم بالأنسولين.

اما زيادة الفسفور في الدم فتؤدي إلى زيادة تراكم الفوسفات فيه وهذا يؤدي إلى قلة الكالسيوم موازنة لتكوين النسبة المثالية بينه وبين الفسفور وهذا يؤدي كما ذكرنا سابقا إلى الكزاز.

احتياجات الفسفور

أن خير نسبة بين عنصر الكالسيوم والفسفور تكون ١:١ في حالات النمو السريع وذلك في حالات نمو الأطفال والمرأة الحامل والمرضع بينما تكون النسبة بينها هي ١,٥:١ في حالة البالغين.

وعادة تكون احتياجات الفسفور في كل الاحوال نفس احتياجات الكالسيوم كما اوصت به لجنة الغذاء والتغذية التابعة للمجلس القومي للبحوث في الولايات المتحدة الأمريكية.

مصادر الفسفور

اهم مصدر للفسفور هو الحليب ومنتجاته كما هي مصدر الكالسيوم كذلك اللحوم تعد مصادر جيدة للفسفور ولاسيما العضلات التي تكون مصادر غير جيدة للكالسيوم. هناك مصادر جيدة للفسفور هي المشروبات الغازية أيضا.

الصوديوم Sodium

بعد ايون الصوديوم الأيون الموجب Cation (Na++) السائد خارج الخلية (ECF). يوجد هذا الايون في جسم الإنسان نحو ١٢٠ غم من الصوديوم وهو موزع بنحو ثلث الكمية في الجهاز العظمي على شكل املاح مرتبطة Inorganic bound material والثلثان الاخران موزعان على سوائل الجسم المختلفة في الدم والأنسجة العصبية والعضلية .

امتصاص وافراز الصوديوم

يتم امتصاص الصوديوم عن طريق خلايا الأمعاء بسهولة ويتم فقد كمية صغيرة منه تقدر نحو ٥% عن طريق البراز وقد يفقد كميات كبير منه عن طريق حدوث الاسهال حيث يتكون كميات كبيرة منه في الأمعاء. ويتم طرح كميات كبيرة منه عن طريق البول وبشكل طبيعي معتمدة بذلك على طريق تنظيم عملية الافراز التي تقوم بها الكليتان والذي يكون لهرمون الالدسترون Aldosterone دور مهم بذلك اذ يؤدي افرازه إلى اعادة امتصاص الصوديوم من خلال النفرون Nephron في الكليتين (راجع الشكل ٨-٣).

أن زيادة كمية الصوديوم في الجسم يؤدي إلى قلة افراز هورمون الالدستيرون الذي يقلل من عملية اعادة امتصاص الصوديوم فضلا عن أن ذلك يؤدي إلى الشعور بالعطش الذي يتحسس مركز العطش Thirst center في الهايبوثالامس Hypothalamus ومن ثم يؤدي الى تناول الماء والذي بدوره يؤدي إلى المساعدة في عملية افراز الصوديوم من الكليتين وبزيادة الماء المفقود عن طريق الكليتين.

وظائف الصوديوم

١- توازن السوائل Fluids balance

أن ايونات الصوديوم تعد الأيونات السائدة الموجودة خارج الخلية Extracellular fluid (ECF) ومن خلال التوازن الحاصل بين الأيونات السالبة والموجبة في كل من داخل وخارج الخلية يتم التوازن المائي والحفاظ على الضغط الأزموزي للخلايا

٢- التوازن الحامضي القاعدي Acid-base balance

للصوديوم دور مهم في عملية تنظيم الوسط الحامضي والقاعدي لخلايا الجسم والمحافظة على ال pH الجسم وهي ٧,٤ ريتم تنظيم ذلك بالاشتراك مع ايونات الكلور والبوتاسيوم والبيكاربونات.

٣- نفاذية الخلية Cell permeability

للصوديوم ايضا دورا في عملية نقل العناصر الغذائية مثل الكلوكوز والاحماض الامينية من خلال جدار الخلية عن طريق النقل الفعال ويتم ذلك مايسمي مضخة الصوديوم Sodium pump.

٤. حركة العضلات Muscular activity

أن لعنصر الصوديوم دورا مهما في عملية تهيج وتحفيز العضلات عن طريق نقل الاشارات العصبية من الخلايا العصبية إلى الخلايا العضلية ولكل من ايونات الصوديوم

وأبونات البوتاسيوم دور في عملية أشارة وتحفيز الأعصاب والعضلات على اداء عملية نقل اشارات ثم عملية تحفيز وأثارة الخلايا بشكل طبيعي.

اعراض نقص الصوديوم

لا يحدث نقص الصوديوم نتيجة لتناول الأغذية المنخفضة بالصوديوم بل يحدث في الحالات المرضية ولاسيما الإسهال الشديد وعن طريق الفقد الكبير نتيجة للتعرق عند الإصابة بالحمى fever وعلى هذا وجب تعويض الكميات المفقودة عن طريق تناول كميات من ملح الطعام أو الأغذية التي تحتوي على كميات كافية منه. اما اذا لم يعوض هذا النقص فسوف يؤدي إلى حدوث الاضطرابات والتشنجات العصبية والعضلية ولاسيما العضلة القلب فضلا عن الشعور بالتعب والضعف والصداع والشعور بالغثيان.

احتياجات الصوديوم

أن حوالي ٤ غم من الصوديوم يتم تناولها خلال اليوم او ما يعادل ١٠ غم من ملح الطعام . ينصح بتناول كميات بقدر غرامين او مايعادل ٥ غم من ملح الطعام يوميا للبالغين لتسد حاجتهم من الصوديوم.

ان المقررات اليومية المقترحة إلـ RDA هي بحدود ١١٠٠ -٣٣٠٠ ملغرام من الصوديوم يوميا للبالغين .

مصادر الصوديوم

اهم مصدر للصوديوم هو ملح الطعام المستخدم في الأغذية المختلفة مضاف اليها. وهناك مصادر طبيعية للصوديوم وهي الحليب واللحم والبيض وعدد من الخضراوات مثل الشوندر والجزر والسبيناغ والخضراوات الورقية الخضر الأخرى مثل الكرفس والاسبركس.

البوتاسيوم Potassiu

تقدر كمية البوتاسيوم الموجودة في الجسم بنحو ضعف كمية الصوديوم والتي تقدر بنحو ٢٧٠ ملغرام وهو أحد الأيونات الموجبة Cation (+K) الموجودة بشكل رئيس داخل الخلية Intracellular Fluid (ICF) وتوجد كمية قليلة منه خارج الخلية(ECF) Extracellular Fluidعلى حين يتراوح تركيز البوتاسيوم في السيرم Serum بين ١٤-٢٠ ملغرام / ١٠٠ مللتر موازنة بتركيزه في الخلايا بنحو٦٢٠ ملغرام /١٠٠.

امتصاص وافراز البوتاسيوم:

أن بوتاسيوم الأغذية سهل الامتصاص عن طريق خلايا الأمعاء الدقيقة ويعتمد على كميته الموجودة في الغذاء. أن كمية البوتاسيوم عادة تبقى ثابتة وذلك بإعادة امتصاصه مرة ثانية بعد افرازه من خلال الأمعاء ولهذا فان كمياته المفقودة في البراز قليلة. والطريق الاعتيادية لإفراز

البوتاسيوم هي عن طريق الكليتين. والمحافظة على توازن كمية البوتاسيوم الموجودة في الدم بالمستوى المذكور في اعلاه يساعد في إدامة حيوية وطبيعة عمل عضلة القلب Heart muscle وهو مؤشر التوازن الالكتروليتات electrolytes balance، ولهذا فان الكليتين تنظران افرازه واعادة امتصاصه ولكن لايكون على حساب الصوديوم حيث يحدث التبادل بين الصوديوم والبوتاسيوم. ولهذا فمن أجل المحافظة على الصوديوم تفرز الكليتان البوتاسيوم بالتبادل مع الصوديوم.

وهناك كمية من البوتاسيوم تفقد اجبارية Obligatory Lost وهي نحو ١٦٠ملغرام يوميا.

الجدول (١٢-٣) محتوى بعض الاغذية من الصوديوم والبوتاسيوم لكل ١٠٠غم مادة قابلة للأكل

المادة	الصوديوم ملغم	بوتاسيوم ملغم
اللوز، جاف	٤	٧٧٤
جوز	٣	٤٦٠
بكان	اثار	٦٠٣
بندق	١	٧١٥
جزر	٤٧	٣٤١
كرفس	١٢٦	٣٤١
سلق	٨٦	٣٤١
باميا	١٠	٢٤٩
بصل	٣	١٥٧
فلفل حال	٢٥	٥٦٤
خيار مخلل	١٤٢٨	٢٠٠
طماطة	٣	٢٤٤
فجل	١٨	٣٢٢
بطاطا	٣	٤٠٧
ثوم	١٩	٥٢٩
موز	١	٣٧٠
عرموط	٢	١٣٠
خوخ	١	٢٠٢
برتقال	١	٢٠٠

مشمش	١	٢٨١
تفاح	١	١١٠
رز	٦	٩٢
قمح (طحين كلي)	٣	٣٧٠
خميرة خبز	١٦	٦١٠

وظائف البوتاسيوم:

١- توازن الكتروليتات سوائل الجسم Fluid electrolytes balance

بعد البوتاسيوم الأيون الموجب الرئيس داخل الخلية (ICF) وعن طريق ذلك وبوجود أبونات الصوديوم في خارج الخلية تتم المحافظة على الضغط الازموزي للخلية ويتم تحقيق التوازن المائي.

٢- توازن الحموضة والقاعدية Acid - base balance

البوتاسيوم المتأين (+K) له دور في التوازن الحامضي القاعدي للخلايا وذلك مع ايونات الهيدروجين.

٣- حركة العضلات Muscle activity

يؤدي البوتاسيوم مع ابونات الصوديوم دورا مهما في نقل الاشارات العصبية من الأعصاب إلى العضلات. neuromuscular transmission system وهذا يعد مهما ولاسيما في عملية تقلص وانبساط عضلات القلب وانتظام ضربات القلب heart beat ان تغيرات طفيفة في تركيز ايونات الصوديوم سوف يؤثر في التخطيط الكهربائي للقلب electrocardiograph وهو يؤدي دورا مهما في حركة العضلات المخططة Striated muscler وانه مع الصوديوم والكالسيوم ينظم عملية تحفيز واثارة الأعصاب والعضلات neuromuscular excitabmlity and stimulation

٤ - تمثيل الكاربوهيدرات Carbohydrate metabolism

أن نحو ٠,٣٦ ملي مول من البوتاسيوم تصرف لغرض تحويل وتصنيع كمية غم واحد كليكوجين من كلوكوز الدم. ولهذا فان في حالة علاج مرضى السكر بالأنسولين حيث يتكون الكليكوجين من الكلوكوز تستهلك كميات من البوتاسيوم وتقل كميته في الدم الأمر الذي يؤدي إلى حدوث ما يسمى بالهايبوكالميا Hypokalemia اي انخفاض البوتاسيوم بالدم الا اذا كانت كمياته في الدم كافية لهذه العملية. ولهذا فانه يرافق علاج مرضى السكر بالأنسولين اعطاء المرضى كميات من البوتاسيوم اضافية لهذا الغرض.

٥- تصنيع البروتينات Protein synthesis

آن بناء البروتينات من الأحماض الأمينية يتطلب استعمال كميات من البوتاسيوم لهذه العملية.

اعراض نقص البوتاسيوم

عند حالات نقص كمية البوتاسيوم في الغذاء أو في حالة الاضطرابات المعوية كالاسهال والتقيؤ الشديدين حيث يفقد كميات من البوتاسيوم عندما تحدث الـ Hypokalemia بحدث نتيجة لذلك اضطراب في عمل العضلات. وقد يؤدي إلى زيادة الحساسية ويؤدي إلى الشلل وعدم قدرة العضلات على أداء عملها.

ويحدث النقص في البوتاسيوم ايضا عند استخدام الأدوية المدررة Diuretic drugs اذ يزداد فقدان البوتاسيوم عن طريق البول فيؤدي إلى انخفاض مستواه من السيرم. ومن ثم فان انخفاض البوتاسيوم يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم Hypertension على حين ان زيادته تؤدي إلى انخفاض الضغط .

اما حالات ارتفاع مستوى البوتاسيوم وكمياته في الجسم والدم Hyperkalemia فتؤدي إلى قصور في عمل الكليتين Kidneys failure ويؤدي ذلك إلى استمرار ارتفاع مستواه في السيرم ليؤدي إلى التسمم. كما يؤدي ارتفاعه إلى ضعف عضلة القلب وتوسع القلب وتصبح عضلاته رخوة ويؤدي إلى ترهله ومن ثم انخفاض سرعة نبضه ، كذلك يؤدي إلى ضعف التنفس بسبب ضعف العضلات المسؤولة عن حركة الرئتين.

احتياجات البوتاسيوم ومصادره

ليس هناك غذاء خاص لعنصر البوتاسيوم بل يوجد في كثير من الأغذية . تقدر الاحتياجات كمقررات يومية مابين ١٨٧٥ - ٥٦٢٥ ملغرام والغذاء الاعتيادي اليومي يحتوي على مايقارب ٢٠٠٠-٤٠٠٠ ملغرام وهذه الكميات تكفي لسد الحاجة لا تحدث حالات نقص في البوتاسيوم الا في الحالات المرضية السابقة الذكر.

يوجد البوتاسيوم في البقول والحبوب الكلية whole grains والفاكهة مثل الحمضيات والموز والخضراوات ذات الأوراق الخضر مثل البروكلي ويوجد ايضا في البطاطا وفي اللحوم. جدول (١٢-٣).

المغنيسيوم Magnesium

يوجد عنصر المغنيسيوم في كل خلايا الجسم ، ومنه في جسم الإنسان نحو ٢٥ غم. ومن هذه الكمية ٧٠٪ بشكل مرتبط بالكالسيوم والفسفور في تكوين أملاح العظام. والباقي يتوزع

على جميع خلايا الجسم والانسجة المختلفة اذ يوجد نحو ٢٠% في العضلات. وتصل كمية المغنيسيوم في البلازما إلى نحو ١,٤ – ٢,٤ ملغرام لكل ١٠٠ مللتر.

امتصاص المغنيسيوم وافرازه

يمتص المغنيسيوم عن طريق خلايا الأمعاء الدقيقة وعادة تكون املاحه صعبة الامتصاص. وتعتمد على كمية المغنيسيوم التي في الغذاء فعندما تزداد كمية المغنيسيوم في الغذاء فان نحو ٢٥ ٪ منها يتم امتصاصها وفي حالة انخفاض كمياته في الغذاء تزداد الكميات الممتصة لتصل إلى حوالي ٧٥٪ من تلك الكميات المحدودة ولا يخضع المغنيسيوم في امتصاصه لطريقة النقل الفعال.

ولا يوجد حامل له في الجدار transport carrier. توجد علاقة عكسية بين امتصاص الكالسيوم والمغنيسيوم وكذلك الفسفور والبروتين.

فعند وجود كميات كبيرة من الكالسيوم والفسفور والبروتين في الغذاء تقل كمية المغنيسيوم الممتصة عن طريق خلايا الأمعاء وعندما تقل كمياتها تزداد كمية المغنيسيوم الممتصة. وعندما تزداد كميات المغنيسيوم الممتصة بفضل الجسم تخزينها في العظام عوضا عن طرحها عن طريق البول .

وقد تزداد كمية المغنيسيوم المطروحة عن طريق البول بزيادة افراز هورمون الالدستيرون Aldosterone.

وظائف المغنيسيوم

بعد المغنيسيوم عنصرا مهما في تمثيل الكاربوهيدرات والبروتينات والأحماض النووية والنيوكليوتيدات والدهون وكذلك تنشيط تقلص العضلات وعادة يكون الشكل او الصورة المتاينة ionized (Mg++) هو الضروري والفعال لهذه العمليات الحيوية ومن هذه التفاعلات نذكر ما يأتي:

١- تمثيل الكاربوهيدرات

يستخدم المغنيسيوم المتأين كمنشط لكثير من الأنزيمات التي تشترك في عمليات تمثيل الكاربوهيدرات ولاسيما اكسدة الكلوكوز والفسفرة التأكسدية - Oxidative phos phorylation ومنها انزيمات الفوسفوريلز phosphorylases وانزيمات الـ الديهايدروجينز Dehydrogenases وغيرها من الأنزيمات التي تكون مسؤولة عن تمثيل الكاربوهيدرات .

٢- تمثيل البروتينات

المغنيسيوم المتأين يعد مرافقا Coenzyme لانزيمات تمثيل البروتينات وبناها Synthesis في الرايبوسومات فضلا عن أن المغنيسيوم له دور في المحافظة على تركيب الإحماض النووية RNA و DNA.

٣- حركة العضلات

من اهم وظائف المغنيسيوم دوره في نقل الاشارات العصبية إلى العضلات وذلك في حالة تقلصها وانبساطها بشكل طبيعي. تؤدي قلة المغنيسيوم إلى تثبيط فعل وتقلص العضلات وقلة المغنيسيوم في البلازما يؤدي إلى توسع الأوعية الدموية Vasodilation اذ يثبط تقلص العضلات الناعمة Smooth muscle .

٤- الفعل الهورموني

بعد المغنيسيوم عامة منشطة لكثير من العوامل البايولوجية Biological agents مثل تحرير هورمون الثايروكسين من الغدة الدرقية. فضلا عن دوره في المحافظة على كالسيوم الأسنان. وله دور ايضا في المحافظة وتنظيم فوسفات الدم وذلك بتأثيره في هورمون الكورتيزون.

اعراض نقص المغنيسيوم

ان نقص المغنيسيوم يؤدي إلى خلل في عمل الأعصاب والعضلات اذ يؤدي إلى حدوث التشنجات واضطرابات في حركة العضلات neuromusclar irritability ويصاحب ذلك ارتعاش وارتجاف tremor وتشنج spasm وسرعة استجابة الصوت والملامسة بشكل الخوف والجفل startle ويؤدي إلى مرض الكزاز Tetany والى توسيع الأوعية الدموية Vasodilation اذ يؤدي ذلك إلى انخفاض ضغط الدم. ان حالات نقص المغنيسيوم في الانسان قليلة بسبب توفر المغنيسيوم بكميات كافية في الاغذية الا ان نقصه يظهر على الناس المدمنين على الكحول بان يزداد الطلب على المغنيسيوم بزيادة التمثيل الغذائي. وكذلك يحدث النقصان في حالة التقيؤ والاسهال الشديدين ولفترات طويلة فيحدث فقد بالمغنيسيوم.

احتياجات المغنيسيوم اليومية

آن دراسات التوازن توصي بأن تكون احتياجات المغنيسيوم مابين ٢٥٠-٣٠٠ ملغرام يومية وقد تزداد هذه الكمية لدى الرجال ولاسيما الرياضيين اذ تحتاجه العضلات النشطة بان تصل الى ٣٥٠ ملغرام يوميا.

وكذلك حال الحوامل والمرضعات اذ تزداد الكمية إلى ٤٥٠ ملغرام يومية.

مصادر المغنيسيوم من الأغذية:

أن الأغذية النباتية ولاسيما البذور تعد مصادر جيدة للمغنيسيوم مثل بذور النقل والبقول والحبوب الكلية وفول الصويا. وتحتوي المصادر الحيوانية ايضا على المغنيسيوم فيوجد في اللحوم والبيض والكبد.

الكلور Chlorine

يوجد الكلور في الجسم على شكل ابون الكلورايد Chloride ion حيث يشكل نحو ٣% من كمية المعادن الموجودة في الجسم وهو الأيون السالب anion الرئيسي الموجود في سوائل خارج الخلية Extracellular fluid (ECF) فهو موجود داخل وخارج الخلية نهو موجود في السوائل الجسمية منها سوائل الجهاز العصبي ولاسيما النخاع الشوكي Cerebrospinal fluid والجهاز الهضمي ولاسيما في المعدة على شكل حامض الهيدروكلوريك (HCl وهو موجود في الدم أن تركيز الكلور في سائل النخاع الشوكي يبلغ نحو ٤٤٠ ملغرام / ١٠٠ مللتر والسيرم Serum يتراوح بين ٣٤٠ - ٣٧٠ ملغرام / ١٠٠مللتر.

امتصاص وافراز الكلور

ان ايون الكلوريد يمتص كليا من خلال خلايا الأمعاء الدقيقة وتتم عملية اعادة امتصاصه من خلال الكليتين وافرازه عن طريق هرمون الالديسترون Aldosterone وهذه مرتبطة بعملية امتصاص وافراز الصوديوم أيضا، أن الفقد الرئيس يحدث للكلوريد طريق البول وذلك في الحالات الطبيعية . ويحدث فقدان للكلوريد عن طريق الإسهال والتقيؤ الشديدين اذ توجد كميات كبيرة منه في المعدة.

وظائف الكلور

١- بعد الكلور عنصرا مهما في توازن الالكتروليتات fluid electrolytes balance في الجسم. ومع عنصر الصوديوم على شكل ايونات ملح الطعام يستطيع الكلور ان يحافظ على الضغط الازموزي لسوائل الجسم وخلاياه والمحافظة على التوازن المائي بين داخل وخارج الخلية.

٢- توازن الحامضية والقاعدية Acid - base balance

لعنصر الكلور دور مهم في المحافظة على التوازن الحامضي القاعدي في الجسم ولاسيما في الدم حيث يحافظ على رقم الحموضة ال pH للدم عند قيمة ٧,٤. ويحل عنصر الكلور محل أيونات البايكاربونات Bicarbonate في الكريات الدم الحمر حيث يحافظ على توازن حامض الكاربونيك ويطلق على هذه الميكانيكية ب Chloride - bicarbonate shift mechanism وهذا الحامض يتكون من الماء وثاني اوكسيد الكاربون المكون .

٣- حموضة المعدة Gastric acidity يفرز الكلور بوساطة خلايا الغدد المعدية Parietal cells على شكل حامض الهيدروكلوريك HCl حيث يخفض حموضة المعدة إلى pH١ -١,٥ ليوفر وسطا حامضيا لعمل انزيم الببسين pepsin المسؤول عن بداية هضم البروتينات.

اعراض نقص الكلور:

بصورة عامة لايحدث نقص في الكلور ناتج عن نقص في الأغذية لكن يحدث فقدان كبير في حالة التقيؤ والاسهال المستمر والشديد، ويؤدي فقدان الحامض والكلور الى ارتفاع القلوية نتيجة لتكون مركبات قلوية مثل بايكاربونات الصوديوم اذ يطلق على هذه الحالة اسم Hypochloremic alkalosis gul

ونتيجة لزيادة نشاط هورمونات قشرة الغدة الكظرية Adrenal cortex ومنها هورمون الأدرينوكورتيكويد adrenocorticotropic hormone (ACTA) فيزداد تركيز الكلور وارتفاع تركيزه في الدم ويطلق على هذا الخلل او المرض اسم مرض كاشنج disease Cushings.

احتياجات الكلور:

لا توجد مقررات للكلور بشكل واضح لكن تقدير الاحتياجات بنحو ١٧٠٠ - ٥١٠٠ ملغرام من الكلور يوميا واهم مصادره هو ملح الطعام NaCl.