فيزيولوجيا التغذية
المحاضرة الأولى
الطبيعة الكيميائية للمواد الغذائية

يحتاج كل كائن حي إلى إمداد مستمر ومناسب من المواد الغذائية طيلة حياته، يأخذها من الوسط المحيط به، ليستعملها في إنتاج الطاقة التي يحتاج لها الفرد في إنجاز أنشطته الحيوية المختلفة، ويستعمل بعضها الآخر في عمليات البناء والنمو والتكاثر وصيانة النسج، وتنظيم الوسط الداخلي كتنظيم الضغط الحلولي ودرجة حموضة الوسط وتنظيم فعالياته الفيزيولوجية. ويتضمن الغذاء الذي يحتاج إليه الحيوان والإنسان: الماء والسكريات والحموض النووية والأملاح والفيتامينات والبروتينات والدهون.

وتحتاج جميع الحيوانات إلى الأصناف الغذائية المذكورة، إلا أن حاجة كل منها تختلف كما ونوعا، ولذلك تختلف أنماط التغذية والحاجات الغذائية باختلاف الأنواع، ويتعلق الأمر بما يستطيع الحيوان بناءه في خلايا جسمه، وبما لا يستطيع بناءه.

وإذا لم يحصل الفرد على حاجاته من المواد الغذائية فقد يصاب بأمراض سوء التغذية، لذا لا بد له من الحصول عليها جاهزة من مصادر غذائية حيوانية أو نباتية للحفاظ على سلامة جسمه وضمان نموه الطبيعي.

أولاً – الماء

يعّد الماء من العناصر الغذائية غير العضوية الضرورية للجسم، فهو يدخل في تركيب المادة الحية لجميع الخلايا، وتتراوح نسبته بين ٦٠ % و ٩٥ % من كتلة الجسم، وتختلف هذه النسبة باختلاف أنواع الحيوانات وبنيتها وطبيعة حياتها، وعمرها، وتبلغ نسبته في جسم الإنسان البالغ بحدود ٧٠ % من كتلة الجسم. كما تختلف نسبته من نسيج إلى آخر، فهو بحدود ٢٠ % في النسج الدهنية، و ٤٥ % في العظام، و ٧٠ % في العضلات، و ٩١ % في بلاسما الدم.

يملك الماء عدة صفات تجعله مناسبا للقيام بدوره الأساسي في الكائنات الحية، فهو أكثر ثباتا وانتشارا من كل المذيبات، وهو أيضا المادة الوحيدة التي توجد في الطبيعة بصور ثلاث للمادة الصلبة والسائلة والبخارية في المعدل الطبيعي لدرجة حرارة الأرض. كما يتصف الماء بارتفاع التوتر السطحي وهذه الصفة تفسر الالتصاق الشديد لجزيئات الماء وميلها للارتباط مع بعضها بروابط هيدروجينية، وهذا التماسك ضروري لثبات شكل البروتوبلازما في الخلية. ورغم ارتفاع توتره السطحي فإن درجة لزوجته تكون ضعيفة، وهذه الصفة تلائم حركة السوائل داخل الخلايا وخارجها. والسعة الحرارية للماء عالية جدا، فهو يسخن عندما يمتص كمية كبيرة من الحرارة، ويبرد حين يتخلى عنها، كما أنه المصدر الأساسي للأكسجين على كوكب الأرض بفضل عمليات التركيب الضوئي التي تقوم بها النباتات. ورغم أن الماء من العناصر الغذائية غير المنتجة للطاقة، إلا أنه ضروري لجميع العمليات الاستقلابية التي تجري في خلايا الجسم باعتباره وسطا ملائما لجميع التفاعلات الكيميائية الحيوية. وهو مذيب مناسب لمعظم العناصر الغذائية، ويؤمن نقل المواد الغذائية ونواتج الإطراح بين خلايا الجسم والوسط الخارجي، كما يساهم في إعطاء النسج قوامها الهيدروليكي المناسب.

ويساهم أيضا في تنظيم حرارة جسم الحيوانات ثابتة الحرارة وخاصة عند ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط، وإن هذه الصفات تجعل من الماء مصدرا للحياة.

يفقد الجسم جزءا من مائه عبر الإطراح الكلوي والغدد العرقية والجلد والرئتين وعبر الغدد الثديية بالنسبة للحيوانات المرضعة.

ويعوض الجسم الفاقد من الماء بتناول حاجته من الماء من ثلاثة مصادر هي

- شرب الماء بصورته الطبيعية، وتناول بعض السوائل وتقدر هذه الكمية عند الإنسان في الظروف العادية ١-٢ لتر/يوميا .
- ماء الطعام وهو الماء الذي يدخل في تركيب المواد الغذائية التي يتناولها الفرد. فجميع الأغذية تحتوي على نسب متفاوتة من الماء

وتقدر الكمية التي يتناولها الإنسان من ماء الطعام بـ٠,٢٥ -٠,٧٥ لتر/يوميا .

- ماء الاستقلاب الحيوي وهو الماء الذي يتكون في جسم الحيوان كأحد نواتج الأكسدة الخلوية للعناصر الغذائية المنتجة للطاقة، إذ تقدر كمية الماء الناتجة عن أكسدة غرام واحدة من السكريات ٠,٦ غ والدهون ١ غ والبروتينات ٠,٤٢ غ.

- **ويمكن تلخيص الأهمية الحيوية للماء بالنقاط التالية:**

-١- يعد الماء وسطا ملائما لإجراء التفاعلات الكيميائية الحيوية داخل الخلية وخارجها بما فيها عمليات الهضم.

-٣- يساهم الماء في تنظيم درجة حرارة أجسام الكائنات ذوات الحرارة الثابتة وذلك بفضل حرارته النوعية العالية. كما يعمل الماء على تعديل حرارة الجسم بما يتلاءم مع حرارة الجو المحيط.

-٤- يعد الماء مصدرا أساسيا للأكسجين الذي تحتاجه الكائنات الحية، وهو يتكون كأحد نواتج عمليات التركيب الضوئي للنباتات.

-٥ - يعطي الماء النسج قوامها المناسب، مؤمنا لها المرونة والقوة اللازمين لتأمين حركة الأعضاء والمفاصل.

-٢- يعد ماء بلازما الدم واسطة نقل جيدة للعناصر الغذائية الممتصة في سوية الأمعاء، ويؤمن نقلها إلى خلايا الجسم.كما يؤمن نقل الهرمونات إلى أماكن تأثيرها، وكذلك نقل نواتج الاستقلاب من الخلايا إلى أجهزة الإطراح.

- **ثانياً – الأملاح المعدنية:**
- توجد الأملاح المعدنية في جميع سوائل الجسم سواء داخل الخلايا أو خارجها منحلة في الوسط المائي على شكل شوارد وزمر كيميائية موجبة الشحنة وأخرى سالبة الشحنة،وتتجلى وظائفها بالنقاط التالية:
- - يدخل بعضها في تركيب الجزيئات العضوية للمادة الحية، كاليود الذي يدخل في تركيب التيروكسين، والحديد الذي يدخل في تركيب الهيموغلوبين، والكالسيوم والفوسفور اللذين يدخلان في تركيب العظام والأسنان.
- - المحافظة على درجة الحموضة ضمن الحدود الطبيعية لسوائل الجسم لأن أي تغيير في درجة الحموضة يسبب خللا في عمل الإنزيمات، وبالتالي اضطرابات في الوظائف الحيوية الأساسية للجسم.
- - المحافظة على الضغط التناضحي والتوازن المائي الملحي، وبالتالي تأمين حركة الماء بين الأوساط المختلفة في الجسم.
- - تنشيط التفاعلات الكيميائية الحيوية من خلال تحفيز الأنزيمات المنظمة لهذه التفاعلات، لذلك تُعّد كأنزيمات مساعدةCo-enzymes.
- - تنظيم عملية التقلص العضلي ونقل السيالات العصبية وتخثر الدم.
- ومن أهم الشوارد التي يحتاج لها الإنسان بكميا ت كبيرة هي الصوديوم، والبوتاسيوم، والكلور، والكالسيوم والفوسفور، والمغنتزيوم، والكبريت.

- **فالكالسيوم:** يدخل في بناء العظام والأسنان، كما يساهم في ظواهر التقلص العضلي والنقل المشبكي وتخثر الدم ونفاذية الأغشية الخلوية وتنشيط العديد من الأنزيمات كأنزيم الكولين استيراز الذي يخرب الأستتيل كولين إلى حمض الخل وكولين والأنزيمات الحالة للبروتين والفوسفاتاز الحامضي وإنزيم ATPase الميوزيني، وتبلغ نسبة الكالسيوم ٢% من وزن الجسم. ويسبب نقصه لين العظام والكساح وضمور العظام واضطرابا في النقل العصبي والتقلص العضلي.

وللفوسفور أهمية في عمليات تبادل الطاقة في خلايا الجسم الحي، وينشط العديد من التفاعلات الاستقلابية في خلايا الجسم كاستقلاب الغليكوز والبروتينات، ويساهم في الحفاظ على بقاء درجة حموض سوائل الجسم ثابتة تقريبا . كما يدخل الفوسفور في تركيب العظام والأسنان، ويدخل في تركيب الليبيدات الفوسفورية لأغشية الخلايا، ونيكلوتيدات ATPو GTPو RNAو DNAوهو يساعد على امتصاص الغليكوز والغليسريدات الأحادية من الأمعاء، كما أن إعادة امتصاص الغليكوز بعد ترشيحه عبر وحدات التصفية في الكليتين يحتاج إلى فوسفور.وتبلغ نسبته بحدود ١% من وزن الجسم. ويؤدي نقصه إلى اختلال النمو الطبيعي وضعف العضلات واختلال تكلس العظام والأسنان.

ويلعب المغنيزيوم دورا منشطا لفعالية الكثير من الأنزيمات التي تتوسط أكسدة المواد الغذائية ونقل الطاقة كإنزيمات استقلاب الكربوهيدرات والبروتينات، وهو منشط لإنزيم الفوسفاتاز القلوي الضروري لتكلس العظام. ويعد عاملا مساعدا في الجسيمات الريبية المسؤولة عن تركيب البروتينات، كما يعمل مع الكورتيزون على تنظيم فوسفات الدم، وهو ضروري أيضا لعمل الجهازين العصبي والعضلي.

أما شوارد الصوديوم والبوتاسيوم فلها أهمية فيزيولوجية في الخلايا القابلة للتنبيه (خلايا عصبية وعضلية وغدية) . وتساهم هذه الشوارد في الحفاظ على الضغط التناضحي داخل الخلايا وخارجها، وتعمل بالتالي على تنظيم حركة السوائل بين الوسط الداخلي للخلايا وخارجها، كما تساهم في تنظيم درجة حموضة الوسط الداخلي للجسم. ويلعب الصوديوم إضافة إلى ذلك دورا في تنظيم نفاذية الخلايا للغليكوز والأحماض الأمينية وغيرها من المركبات التي تمتص عبر جدار الأمعاء أو تنتقل عبر خلايا الجسم الأخرى. ويعتبر البوتاسيوم ضروريا لاستقلاب الغليكوجين والبروتينات. بينما يدخل الكلور في تركيب حمض كلور الماء الذي تفرزه المعدة.

- ويدخل **الكبريت** في بناء بعض الحموض الأمينية كالميثيونين والسيستئين اللذين يوجدان بكثرة في النسج الغضروفية، وكذلك في القرنين الذي يدخل في تركيب الجلد والشعر والأظافر وريش الطيور. وتلعب مركبات الكبريت أيضا دورا في عمليات إبطال مفعول السموم في الجسم، وفي تنشيط بعض الأنزيمات. كما يدخل الكبريت في تركيب العديد من المركبات العضوية كفيتامين B_1والهيبارين والأنسولين ومولد الليفين والأستيل كوأنزيم أ
- والبروتينات الكبريتية الحديدية الخاصة بمركبات السلسلة التنفسية التي تتوسط تفاعلات الأكسدة والإرجاع في الخلايا الحية.

- ويحتاج جسم الإنسان والحيوانات الأخرى إلى عناصر معدنية أخرى بكميات صغيرة نذكر منها الحديد الذي يدخل في تركيب خضاب الدم والميوغلوبين
- كما يدخل في تركيب بعض الأنزيمات كأنزيمات السيتوكروم والكاتلاز البيروكسيدازوالتي تتوسط جميعها تفاعلات الأكسدة والإرجاع في الخلايا الحية.
- ويعتقد أن للحديد دورا في إزالة الدهون الزائدة من الدم، وكذلك إنتاج الأجسام المضادة في الجسم والكولاجين.
- **اليود:** ضروري لتركيب هرمون الثيروكسين وثلاثي يود الثريونين اللذين ينظمان التفاعلات الاستقلابية الأساسية بتحولات الطاقة في الجسم، وينظمان بالتالي نمو الجسم.

- **النحاس:** ضروري لعمل كثير من الأنزيمات كبعض أنزيمات السيتوكروم أوكسيداز حمض الستريك، وهو ضروري لتكوين الهيموغلوبين والعظام وأنسجة الدماغ ، كما أنه يدخل في تركيب الهيموسيانين الذي يدخل في تركيب دم العديد من الحيوانات اللافقارية.
- **التوتياء:** يدخل في تركيب العديد من الأنزيمات وينشط بعضها الآخر كإنزيم كربونيك أنهيدراز الضروري لاستقلاب ثاني أكسيد الكربون في كريات الدم الحمر، والخلايا الظهارية المبطنة للزغابات المعوية وأنيبيبات الكلية ومعظم غدد الجسم ،ويدخل كذلك في بناء RNA ,DNA polymyrase الضروريين لتكوين البروتينات والانقسامات الخلوية. ولذلك يعد الزنك ضروري للنمو والنضج الجنسي خاصة في الذكور، وكذلك لالتئام الجروح وتكوين المناعة الخلوية، ولاستقلاب فيتامين A ، ويعتقد أن له دور في استقلاب السكر لأنه يرتبط بهرمون الأنسولين وهو ضروري لحاستي التذوق والشم.

- **المنغنيز:**ينشتط العديد من الأنزيمات وخاصة تلك التي تتوسط استقلاب المواد الغذائية، ويدخل كعامل مساعد في تركيب السكريات المخاطية الضرورية لتكوين الغضاريف،كما يساعد في تكوين البولة من خلال تنشيطه لإنزيم الأرجيناز، وكذلك يساهم في استقلاب البروتينات والدهون .
- **الكوبالت** :يدخل في تركيب فيتامين " B_{12} الضروري لبناء كريات الدم الحمر.

ثالثاً ـ الكربوهيدرات

- وهي مجموعة من المركبات العضوية يدخل في بنائها الكربون والهيدروجين والأكسجين، صيغتها العامة هي.$Cn(H2O)n$
- تعد من أكثر المواد العضوية انتشارا في الطبيعة، وأكثرها أهمية في إنتاج الطاقة الحيوية، إذ تمد الإنسان بحوالي ثلثي حاجاته اليومية من الطاقة. وهي تتأكسد بسرعة في خلايا الجسم لتحرير الطاقة الكامنة في روابطها الكيميائية.
- وهي رخيصة الثمن، وسهلة التخزين، ولها استخدامات كثيرة في الصناعات الغذائية. وتصنف حسب الوحدات السكرية التي

تدخل في تركيبها إلى:

– السكريات الأحادية

أبسط أنواع السكريات يتراوح عدد ذرات الكربون في جزيئاتها بين ٤-٧ ذرات
. أهمها للإنسان والحيوان السكريات سداسية الكربون والسكريات خماسية الكربون.
من السكريات السداسية: الغليكوز والغالاكتوز ، و الفريكتوز ، ويعد الغليكوز أهمها لأن معظم السكريات السداسية الأخرى يمكن أن تتحول إلى غليكوز بعد امتصاصها في الأمعاء.
وتتم معظم هذه التحولات في خلايا الكبد بفضل الأنزيمات النوعية المحفزة لهذه التحولات.
وفي خلايا الجسم الحي يتأكسد الغليكوز، وينتج عن هذه الأكسدة طاقة غذائية تُدخر في الروابط الكيميائية عالية الطاقة لجذري الفوسفات الأخيرين
اللذين يرتبطان ببقية جزيئات الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP والغوانوزين ثلاثي الفوسفات GTP
ومن السكريات الخماسية الكربون نذكر الريبوزوالريبوز منقوص الأكسجين ويدخل الأول في بنية الحموض النووية الريبية RNA ويدخل الثاني في بناء الحمض النووي DNA
وسكر الريبلوز الذي يعد مركبا وسيطا هاما في أكسدة الغليكوز داخل خلايا الجسم

- **ب – السكريات الثنائية**
- تتكون السكريات الثنائية من ارتباط جزيئتين من السكريات سداسية الكربون، نذكر منها سكر القصب سكروز
- الذي يتكون من ارتباط جزيئة غليكوز مع جزيئة فريكتوز، وسكر الحليب لاكتوز(من ارتباط جزيئة غليكوز مع غالاكتوز)، ثم سكر الشعير مالتوزالذي يتكون من ارتباط جزيئتين من الغليكوز.

ج - السكريات المتعددة

وهي من السكريات غير المنحلة، وتتكون من سلسلة من السكريات الأحادية وخاصة الغليكوز المرتبطة مع بعضها،

كالغليكوجين الذي تصنعه خلايا جسم الحيوان انطلاقا من الغليكوز في خلايا الكبد والعضلات ، . أوالكيتين لذي يدخل في تركيب لحافة الجسم عند الحشرات والهيميسللوز والسللوز والرافينوز والدكستترين والنشاء في النباتات.

يعد النشاء من أهم السكريات المتعددة في غذاء الإنسان. أما الدكسترين فهو عبارة مركبات وسيطة تتكون أثناء الهضم الجزئي للنشاء. ويتألف الرافينوز من ارتباط ثلاثة سكريات أحادية هي الغليكوز والفريكتوز والغالكتوز.

- يتكون السللوز من ارتباط عدد كبير من جزيئات الغليكوز. بينما يتكون الهيميسللوز من مواد سكرية معقدة التركيب.

يوجد السللوز والهيميسللوز في الألياف النباتية، وليس لها أهمية في تغذية الإنسان لأنها لا تساهم في تزويد الجسم بالعناصر الغذائية، ويعود السبب في ذلك إلى أن أنبوبه الهضمي لا يشتمل على أنزيمات هاضمة لها. ولكن الحيوانات آكلة الأعشاب والمجترات تتمكن من هضمها والاستفادة من الطاقة الموجودة فيها بفضل الجراثيم والأوليات المتعايشة معها والموجودة في أنبوبها الهضمي،حيث تتمكن هذه الجراثيم من تحويل السللوز والهيميسللوز إلى حموض دسمة وغاز ثاني الكربون وميتان.

- أما عن الأهمية الحيوية للكربوهيدرات فبعضها يؤكسد في الخلايا لتوليد الطاقة الحيوية التي يحتاجها الجسم، إذ ينطلق من أكسدة غرام واحد من الغليكوز طاقة تقدر بـ٤,٢ سعر حراري. وبعضها يتحول إلى غليكوجين يدخر في خلايا الكبد والعضلات. وقسم آخر يمكن أن يتحول إلى دهون تختزن في النسج الدهنية وإلى حموض أمينية غير أساسية. ويدخل جزء آخر منها في البناء الحيوي للجسم من خلال ارتباطها بالبروتينات والدهون لتكوين البروتينات السكرية والدهون السكرية.
- وفيما يتعلق بالألياف النباتية، فعلى الرغم من أنه ليس لها قيمة غذائية للإنسان، إلا أنها مفيدة له لأنها تعطيه الشعور بامتلاء أنبوب الهضم، وهي تتحول إلى فضلات لأنها غير قابلة للهضم.

وتساهم في زيادة الرطوبة وليونة الفضلات الغذائية.

و تعمل على تقليل الوقت الذي تمكث فيه الفضلات في الجسم، وتزيد من سرعة انزلاقها نتيجة تنشيطها لحركة الأمعاء، وبالتالي تخفف من ضغط هذه الفضلات على جدار الأمعاء الغليظة.