

**الفصل الثانى**  
**التغذىة والهضم والطاقة**



## مفهوم التغذية NUTRITION

التغذية: هى مجموع العمليات الحيوية التى يحصل الكائن الحى عن طريقها على المواد اللازمة لاستخدامها فى بناء الجسم وتجديد الفاقد من الأنسجة ولبقائه فى حالة صحية جيدة .

الطعام أو الغذاء **Food**: هو ما يتناوله الكائن الحى، وبعد هضمه يتحول إلى المواد البسيطة ويمد الجسم بالعناصر الغذائية اللازمة .

فوائد الغذاء :

يحقق الغذاء النواحي الرئيسية الآتية :

١ - يمد الجسم بما يلزم من المواد اللازمة للنمو، وتعويض مايفقده من خلايا نتيجة جروح أو مرض .

٢ - يمد الجسم بالحرارة نتيجة مايتعرض له الغذاء بعد امتصاصه من القناة الهضمية لكثير من التفاعلات الكيميائية يؤدي إلى هدم المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهنية، ويؤدى ذلك إلى انطلاق كمية من الطاقة لازمة لنشاط الكائن الحى .

حيث إن :

١ جم من المواد البروتينية ← ٤,١ سعر حرارى .

١ جم من المواد الكربوهيدراتية ← ٤,١ سعر حرارى .

١ جم من المواد الدهنية ← ٩,٣ سعر حرارى .

٣ - يمد خلايا الجسم بالمواد اللازمة للنشاط والقدرة على العمل .

٤ - يعمل على وقاية الجسم من الامراض لاحتوائه على الفيتامينات والاملاح المعدنية .

## المجاميع أو العناصر الغذائية:

هى مواد كيميائية لايمكن تخليقها داخل جسم الإنسان، ولذلك لابد من توافرها فى الوجبة الغذائية لتمد الجسم باحتياجاته المختلفة فى عمليات الأيض الغذائى والنمو. وتنقسم هذه المجاميع أو العناصر الغذائية إلى:

- أ - مجاميع أو عناصر غذائية تدخل فى بناء الجسم كالبروتينات والأملاح المعدنية والماء.
- ب - مجاميع أو عناصر غذائية تمد الجسم بالطاقة كالكاربوهيدرات والدهون والبروتينات.
- ج - مجاميع أو عناصر غذائية منظمة لعمل الجسم كالأملاح المعدنية والفيتامينات والبروتينات والماء.

كان من المعتقد عند قدماء المصريين أن الغذاء له علاقة وثيقة بالسلوك فمثلا كان يعتقد ان البصل يؤدي إلى النوم واللوز والكرنب يمنعان ادمان الكحول والاملاح تحفز على النشاط. وكان الإغريق القدامى يعتقدون ان الغذاء هو القاسم المشترك فى العلاج النفسى والطبى.

ومن الدراسات المختلفة على أنواع الغذاء وجد ان هناك علاقة بين ما نتغذى به وبين السلوك، وقبل أن نستعرض العلاقة بين الغذاء والسلوك، سوف نلقى الضوء على مما يتكون الغذاء؟ يتكون الغذاء من المواد البروتينية والكاربوهيدراتية والدهنية والأملاح المعدنية والفيتامينات والماء.

## أولاً: البروتينات Proteins:

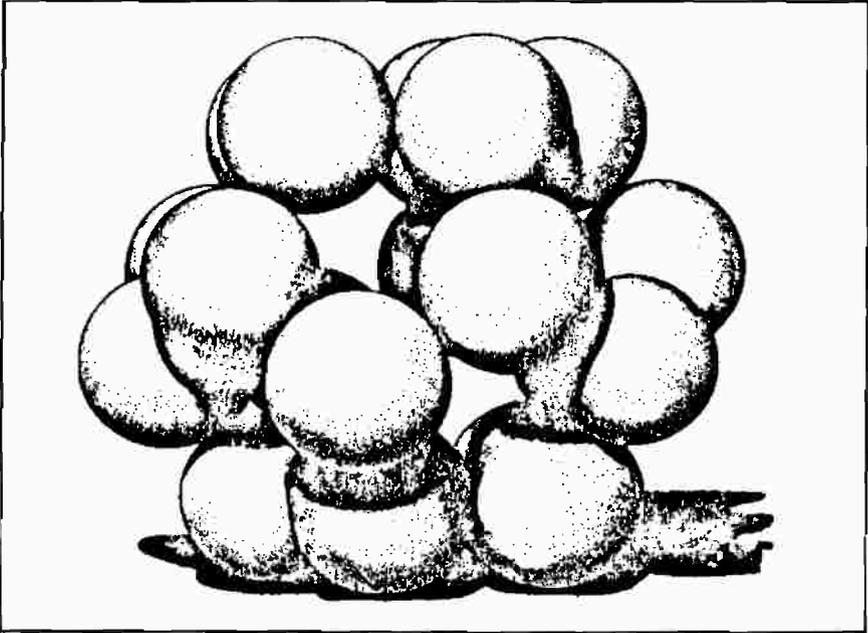
يمثل البروتين الجزء الأكبر من تركيب أنسجة الجسم وان حوالى ١٦٪ من وزن الجسم عبارة عن بروتين وان وظيفته كبيرة فى بناء وبقاء الجسم فى حالة سليمة.

وتتوقف القيمة الغذائية للبروتينات على مدى ما تحتويه من الأحماض الأمينية الأساسية التى تدخل فى العمليات الحيوية للجسم. وتعتبر البروتينات الحيوانية الأصل

ذات قيمة حيوية مرتفعة، مقارنة بالبروتينات النباتية ذات القيمة الحيوية المنخفضة لأنها لا تحتوي على كل الأحماض الامينية الاساسية التي يحتاجها الجسم؛ ولذلك فإنها لا تكفي وحدها للتغذية بل يجب مساعدتها ببروتين آخر يحتوي على الأحماض الامينية المطلوبة.

### تركيب البروتين Structure of Protein

البروتين عبارة عن سلسلة من الاحماض الامينية مرتبطة مع بعضها بروابط بيتدية، وكل حمض أميني يتكون من ذرتين من الكربون مرتبطين مع بعضهما، وذرة منهما مرتبطة مع النتروجين، وسلسلة جانبية side chain . وتختلف السلسلة الجانبية من حمض إلى آخر، ومن هنا تعطى لكل حمض اميني خواص وتركيباً يختلف عن الآخر.



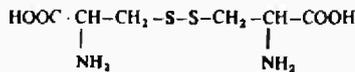
Representation of quaternary structure of a protein "ping-pong ball" model of the apoferritin molecule. this consists of 20 subunits,each with a molecular weight of about 20,000 daltons. The subunits are arranged to form a hollow sphere which may become packed with iron salts forming the iron storage protein ferritin (Courtesy of R.A.Fineberg).

## L-a-Amino acids found in proteins

Trivial Name	Abbreviation	Chemical Name	Structural Formula
<b>With Aliphatic Side Chains</b>			
Glycine*	Gly	Aminoacetic acid	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Alanine	Ala	$\alpha$ -Aminopropionic acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Valine	Val	$\alpha$ -Aminoisovaleric acid	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Leucine	Leu	$\alpha$ -Aminoisocaproic acid	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Isoleucine	Ile	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -methylvaleric acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
<b>With Side Chains Containing Hydroxylic (OH) Groups</b>			
Serine	Ser	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -hydroxypropionic acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Threonine	Thr	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -hydroxy-n-butyrac acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
<b>With Side Chains Containing Sulfur Atoms</b>			
Cysteine†	Cys	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -mercaptopropionic acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{SH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Methionine	Met	$\alpha$ -Amino- $\gamma$ -methylthio-n-butyrac acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{S}-\text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
<b>With Side Chains Containing Acidic Groups or Their Amides</b>			
Aspartic acid	Asp	$\alpha$ -Aminosuccinic acid	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Asparagine	Asn	$\gamma$ -Amide of $\alpha$ -aminosuccinic acid	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\    \quad   \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$

\*Since glycine has no asymmetric carbon atom, there can be no D or L form.

†The amino acid cystine,  $\beta\beta$ -dithio- $\alpha$ -aminopropionic acid, consists of 2 cysteine residues linked by a disulfide bond:



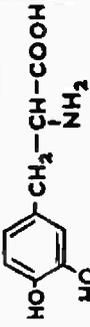
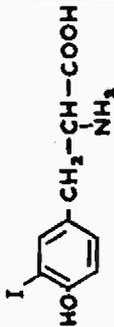
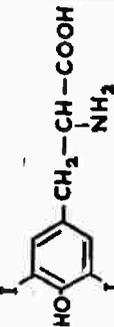
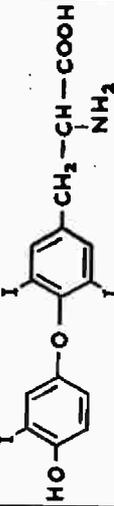
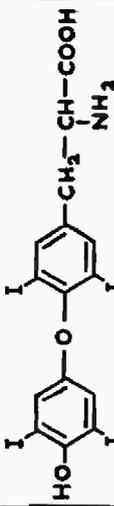
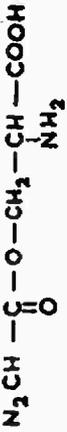




## Naturally occurring amino acids which do not occur in proteins

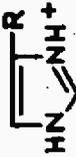
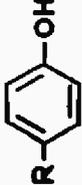
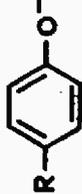
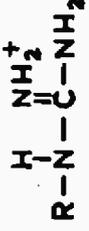
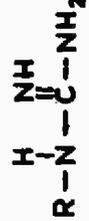
Trivial Name	Formula	Occurrence or Significance
$\alpha,\gamma$ -Diaminobutyric acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \qquad \qquad   \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	In polymyxin antibiotics
Ornithine	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \qquad \qquad \qquad   \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	Urea cycle intermediate
Citrulline	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \qquad \qquad \qquad   \\ \text{NH} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \\   \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Urea cycle intermediate
Homocitrulline	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \qquad \qquad \qquad   \\ \text{NH} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \\   \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Urine of normal children
Saccharopine	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{N} - \text{CH} \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{COOH} \\   \\ \text{CHNH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	Intermediate of lysine biosynthesis by yeast and Neurospora
Azetidine-2-carboxylic acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH} - \text{COOH} \\ \backslash \quad / \\ \text{N} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Lilies
3-Hydroxyproline	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH} \\   \\ \text{N} \\   \\ \text{H} \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	Achilles tendon of cattle; in the antibiotic Telomycin
Pipecolic acid	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH} - \text{COOH} \\ \backslash \quad / \\ \text{N} \\   \\ \text{H} \end{array}$	In certain antibiotics; metabolic product of D-lysine breakdown in mammals.
5-Hydroxytryptophan	$\begin{array}{c} \text{HO} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{C}_5\text{H}_3 \\   \\ \text{N} \\   \\ \text{H} \\   \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Precursor of serotonin

Naturally occurring amino acids which do not occur in proteins

Trivial Name	Formula	Occurrence or Significance
3,4-Dihydroxyphenylalanine (DOPA)		Precursor of melanin
Monoiodotyrosine		Thyroid tissue and blood serum
3,5-Diodotyrosine		In association with thyroid globulin
3,5,3'-Triiodothyronine		Thyroid tissue
Thyroxine (3,5,3',5'-tetraiodothyronine)		In association with thyroid globulin
Azaserine*		Potent inhibitor of tumor growth

\*Not a naturally occurring amino acid, but listed here because of its importance as an inhibitor at various steps of purine biosynthesis

Weak acid groups of amino acids

	Conjugate Acid	Conjugate Base	Approximate pK <sub>a</sub>
$\alpha$ -Carboxyl	R-COOH	R-COO <sup>-</sup>	2.1 $\pm$ 0.5
Non- $\alpha$ -carboxyl	R-COOH	R-COO <sup>-</sup>	4.0 $\pm$ 0.3
Imidazolium (histidine)			6.0
$\alpha$ -Amino	R-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	R-NH <sub>2</sub>	9.8 $\pm$ 1.0
$\epsilon$ -Amino (lysine)	R-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	R-NH <sub>2</sub>	10.5
Phenolic OH (tyrosine)			10.1
Guanidinium (arginine)			12.5
Sulfhydryl (cysteine)	R-SH	R-S <sup>-</sup>	8.3

ويوجد حوالي ٢٠ حمضاً أمينياً لتكوين البروتين ويستطيع الجسم ان يكون منها ١٢ حمضاً أمينياً ولذا تسمى بالاحماض الامينية غير الأساسية Non-essential amino acids أى أنه ليس من المهم أن تتواجد في الوجبة الغذائية، وأن الثمانية أحماض امينية الاخرى لا يستطيع الجسم أن يكونها، ولذلك لابد من وجودها في الوجبة الغذائية، وتسمى بالاحماض الامينية الاساسية Essential amino acids.

Essential amino asids	Non- essential amino acids
Iso Leucine	Alanine
Leucine	Arginine
Lysine	Asparagine
Methionine+ Cysteine	Aspartic acid
Phenyl alanine + Tyrosine	Cysteine
Threonine	Glutamic acid
Tryptophan	Glutamine
Valine	Glycine
	Proline
	Serine
	Tyrosine
	Histidine

وقد وجدت حديثا طريقة أخرى لتقسيم الاحماض الامينية :

١ - الاحماض الامينية ذات السلسلة الجانبية غير القطبية غير المشحونة

#### Amino acids with nonpolar uncharged side chain

مثل : الجليسين - الآلانين - الفالين - الليوسين - الأيسوليوسين - البرولين - الفينيل آلانين - التريبتوفين - الميثونين .

Glycine, alanine, Valine, Ieucin, Isoleucine, proline, Phenylalaine  
Tryptophan and Methionine.

٢ - الاحماض الامينية ذات السلسلة القطبية غير المشحونة

**Amino acids with uncharged, polar side chain**

مثل: السيرين - الثريونين - السيستين - التيروسين - الاسبراجين - الجلوتامين .

serine, threonine, Cysteine, tyrosine, asparagine and glutamine

٣ - الاحماض الامينية ذات السلسلة الجانبية المشحونة

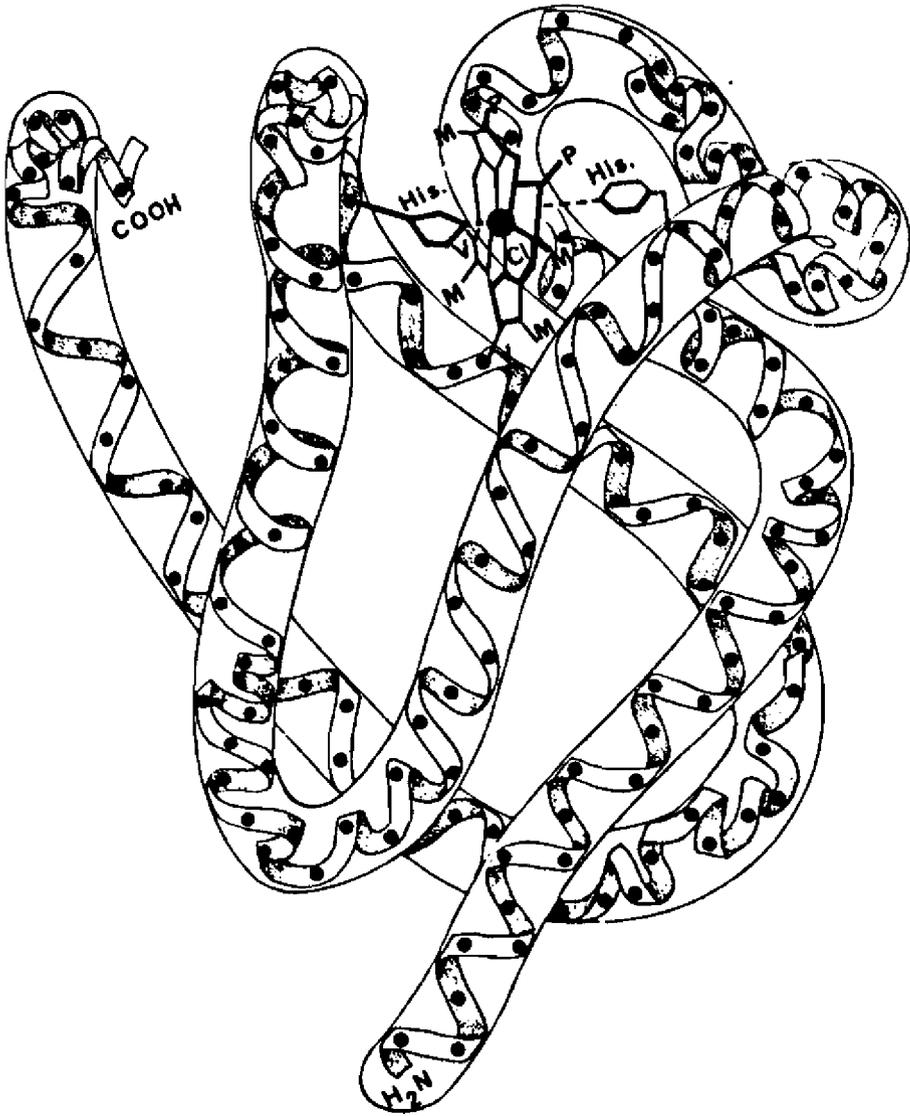
**Amino acids with charged side chain**

مثل: حامض الاسبارتيك - حامض الجلوتاميك - الهيستيدين - الليسين والارجينين .

**Aspartic acid, glutamic acid, histidine, lysine and arginine**

وعادة يكون البروتين في شكل سلسلة مستقيمة ثم تنشئ وتصبح على شكل حلزوني ثم تنشئ مرة أخرى ويصبح البروتين عبارة عن سلسلة ثلاثية الأبعاد Three dimensions وتكوين البروتين ليست له صورة نهائية؛ إذ إنه يتغير تبعاً لاحتياج الجسم لأي نوع من البروتين، ويحتوي الجسم على عديد من البروتينات والتي تختلف باختلاف ترتيب الاحماض الامينية .

وعند تعريض البروتين لدرجة حرارة عالية (عند الطهي) أو الأشعة فوق البنفسجية أو لوسط حمضي أو قلوي أو لبعض المعادن مثل الفضة أو الزئبق فإن البروتين تحدث له عملية تسمى Denaturation وهي تغيير من طبيعة البروتين عن طريق تكسير الروابط الهيدروجينية المسؤولة عن التركيب الثانوي للبروتين والتي تعرف باسم secondary structure وهي عملية غير عكسية، أي لا يرجع البروتين إلى حالته الأولى ولذلك لا بد أن يكون وسط الدم متعادلاً .



**Representation of primary, secondary, and tertiary structure of a protein. (Courtesy of R. E. Dickerson).**

## وظيفة البروتين أو الاحماض الأمينية :

١ - يعتبر البروتين المسئول الاول عن بناء أنسجة الجسم الجديدة، وتجديد الانسجة التالفة اثناء الحروق او الإصابة بمرض . ومن ناحية أخرى فإن جميع الانزيمات ومعظم الهرمونات فى الجسم عبارة عن بروتينات، كما أن الاجسام المضادة المسئولة عن مهاجمة او الاتحاد بالاجسام الغريبة التى تدخل الجسم عبارة عن بروتينات معقدة أو متشابكة التركيب .

٢ - تدخل الاحماض الامينية فى بناء حمض نووى Deoxyribonucleic acid (DNA)، وهو المسئول عن شفرة الوراثة فى الجسم، ويمكن ان تعتبر الأحماض الأمينية مصدراً للطاقة إذا نفذت مصادر الطاقة بالجسم .

٣ - تدخل فى تكوين مواد مهمة فى الجسم كالهرمونات والإنزيمات وأملاح الصفراء فبعض الهرمونات تتكون من حمض أمينى واحد كالأدرينالين والثيروكسين .

٤ - تدخل فى تكوين الاحماض الامينية التى يمكن الاستغناء عنها فى الغذاء مثل الأحماض الأمينية غير الأساسية .

٥ - ويحتاج الفرد لحوالى ٠,٣٦ جم / ١٠٠ جم من وزنه من البروتين فى اليوم، وتزداد الحاجة اليه فى فترات الحمل والرضاعة . وإذا زادت كمية البروتين عن الحد اللازم يعترىها العملية المعروفة بنزع الامونيا وتتكون الأحماض الكيتونية والامونيا .

وأهم مصادر البروتين: اللحم - البيض - السمك - اللبن - الفول - الحبوب - الخضروات .

## قياس كفاءة البروتين Measuring Protein Quality :

أشار الباحثون إلى طرق عديدة لقياس كفاءة بروتينات المواد الغذائية . ومن المعلومات العامة فى هذا المجال ان الاحماض الامينية التى من أصل بروتين حيوانى يكون امتصاصها أفضل « ٩٠٪ » من تلك التى تأتى من البقول ثم الحبوب . وكذلك ثبت من التجارب أن استخدام الحرارة الرطبة « البخار » يساعد على هضم البروتين، بينما طرق الحرارة الجافة تلتف البروتين .

والبروتين الذى يمد الجسم بجميع الاحماض الامينية الاساسية بكمياتها المناسبة

يستخدم بالكامل، وان وجدت الاحماض الامينية بتركيزات منخفضة فى الوجبة الغذائية، فإنها تحد من استخدام أو الاستفادة من الاحماض الامينية الاخرى لبناء البروتين.

هذا . . . والجدير بالذكر أنه عند فقد الاحماض الامينية، فإن مجموعة الامين التى تحتوى على النيتروجين لاتخزن . ولهذا فإن كفاءة البروتين التى تحافظ على انسجة الجسم يمكن تقييمها تجريبيا بقياس النيتروجين المفقود من الجسم . وتدل أعلى كمية متبقية من النيتروجين على كفاءة البروتين العالية، وهذا هو أساس تحديد القيمة الحيوية للبروتين **Biological value (BV)** ولهذا فإن بروتين البيض اعلى كفاءة؛ لانه يمتص بنسبة قد تصل إلى ١٠٠٪، ويعتبر مقياساً للبروتينات الاخرى .

أما فيما يتعلق بما يسمى الاستفادة المثلى للبروتين **Net protein utilization (NPU)** فهي عبارة عن قياس كمية البروتين المتبقى من البروتين المتناول .

وتشير المراجع العلمية إلى أن معدل كفاءة البروتين **protein efficiency ratio (PER)** يمكن حسابها من خلال إطعام صغار فئران التجارب بالبروتين وقياس الزيادة فى الوزن اثناء النمو بالنسبة لوحدة البروتين .

تؤكد الكمية المسموح بها **Recommended Dietary or daily allowance (RDA)** هي الكمية التى تغطى الاحتياج لتحل محل البروتين المفقود والانسجة التى تبلى يوميا، وتفى بحاجة الجسم من بناء انسجة جديدة، ومن هنا فإن هذه النسبة عالية عند الاطفال والرضع .

### الاتزان النيتروجينى **Nitrogen balance** :

هي نسبة النيتروجين المفقود بالإخراج إلى نسبة النيتروجين الموجود فى الغذاء . وفى الإنسان البالغ فإن نسبة النيتروجين المأخوذة تساوى نسبة النيتروجين المفقودة . وبقياس نسبة النيتروجين المفقودة فى البول والبراز والعرق، نستطيع حساب نسبة البروتين التى يحتاجها الجسم .

وبصفة عامة فعندما تكون نسبة النيتروجين الداخلى إلى الجسم اكثر من النيتروجين الخارج يكون الاتزان النيتروجينى موجبا، وهذا يعنى ان هناك بناءً فى البروتين اكثر من

الهدم، وعندما يكون الاتزان النتروجين سالبا فهذا يعنى ان النتروجين المفقود أعلى من النتروجين المأخوذ، وهذا دليل على أن الجسم يفقد البروتين.

### ثانياً : الكربوهيدرات Carbohydrates :

تشتمل المواد الكربوهيدراتية على مجموعة كبيرة من المركبات التى تنتشر فى المملكة النباتية وهى قليلة الوجود فى المملكة الحيوانية. ومن اهم المواد الكربوهيدراتية الناتجة من النبات السليلوز ( فى جميع النباتات ) وسكر القصب ( قصب السكر - البنجر - الفواكه ) والنشا ( القمح - الذرة - الارز - البطاطس والبطاطا ) والفركتوز والجلوكوز ( فى الفواكه ). اما فى المملكة الحيوانية فإن المواد الكربوهيدراتية المهمة الموجودة بها هى : سكر اللبن ( اللاكتوز ) والجليكوجين فى الكبد والعضلات .

### وظائف المواد الكربوهيدراتية :

١ - هى المصدر الرئيسى للطاقة فى الجسم، ويحصل الإنسان منها على حوالى ٢٠٠٠ سعر حرارى من مجموع السعرات اللازمة يوميا، والتى تبلغ ٣٠٠٠ كيلو كالورى، والتى تختلف طبقا لعدد من العوامل منها النوع والجنس والنشاط وغيرها.

٢ - تخزن على شكل جليكوجين فى الكبد، والذى يستخدم عند الحاجة وتبلغ كمية الجليكوجين المخزونة حوالى ٢٠٠ جرام.

٣ - تدخل فى تكوين الاحماض النووية التى توجد فى الخلايا.

٤ - تمد الجسم بالجلوكوز وتعمل على بقاء نسبته بالجسم ثابتة.

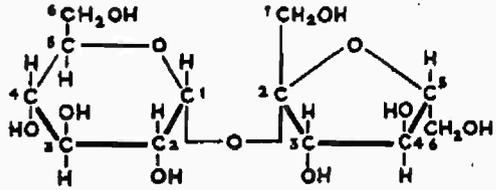
٥ - تدخل فى تكوين بعض مرافقات الانزيمات Co-enzymes .

٦ - تتحول إلى مواد دهنية تخزن بالجسم.

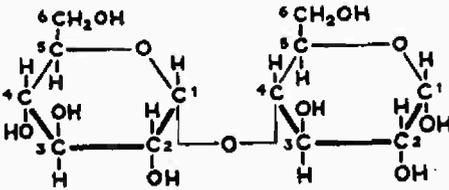
٧ - تكون المواد الكربوهيدراتية حامض أجلوكورونيك فى الكبد؛ لاستخدامه فى إزالة سمية بعض المركبات التى تدخل الجسم.

وكلمة الكربوهيدرات تعنى تميؤ الكربون (hydrate of carbon) وهذه الكلمة مأخوذة من مشاهدة الكيميائيون الأوائل إنه عند حرق الجلوكوز لمدة طويلة فى انبوبة يكون مصحوبا بتكوين قطرات من الماء يمكن تكثيفها وبقايا سوداء من الكربون.

(HAWORTH FORMULAS)

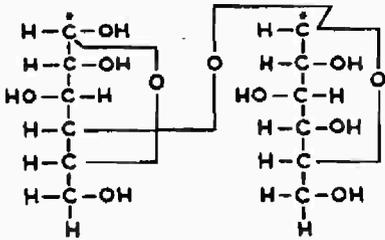


1- $\alpha$ -D-Glucopyranosido- $\beta$ -D-fructofuranoside



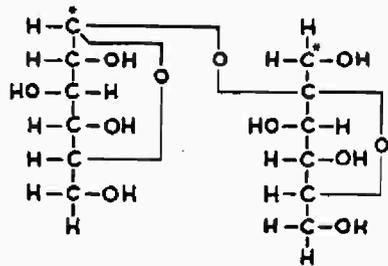
4- $\alpha$ -D-Glucopyranosido- $\alpha$ -D-glucopyranoside

MALTOSE( $\alpha$ FORM)



Two  $\alpha$ -D-glucopyranose components

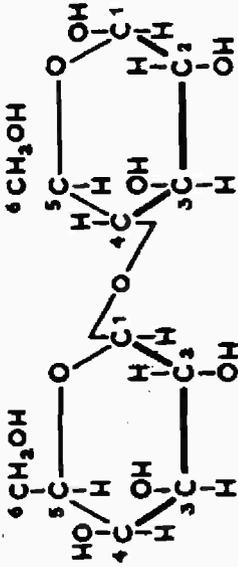
SUCROSE



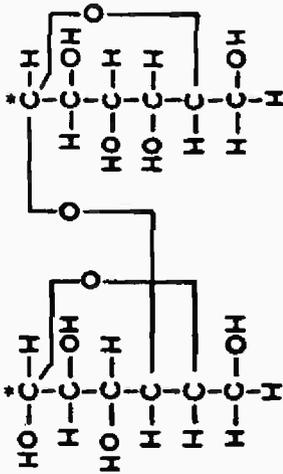
$\alpha$ -D-Glucopyranose component

$\beta$ -D-Fructofuranose component

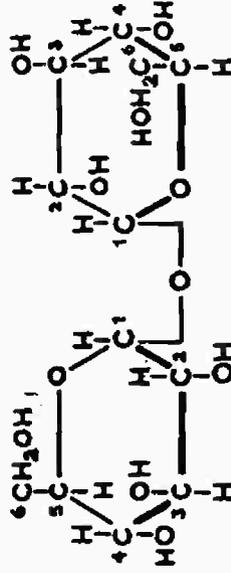
LACTOSE (BFORM)



4-β-D-Glucopyranosido-β-D-galactopyranoside

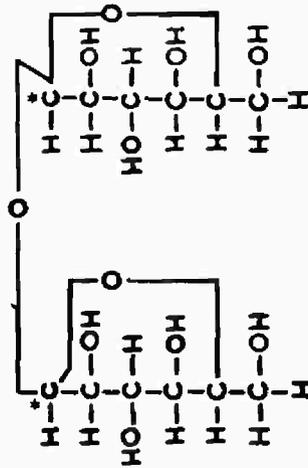


β-D-Glucopyranose component      β-D-Galactopyranose component



1-α-D-Glucopyranoside

TREHALOSE (α FORM)



Two α-D-glucopyranose components

Structures of representative disaccharides.

وتنقسم الكربوهيدرات بصفة عامة إلى: كربوهيدرات بسيطة Simple وكربوهيدرات مركبة أو معقدة complex.

والكربوهيدرات البسيطة هي عبارة عن السكريات الأحادية Monosaccharides  $C_n H_{2n} O_n$  والسكريات الثنائية Disaccharides  $C_n (H_2O)_{n-1}$  ومن السكريات الأحادية الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز (Glucose, Fructose & Galactose) وجميعها سداسية الكربون وتركيبها العام  $C_6 H_{12} O_6$ . هذا وتحول الكربوهيدرات داخل الجسم إلى جلوكوز والذي يعتبر تركيزه مهماً جداً في قيام الجسم بوظائفه الحيوية ويتراوح تركيزه في الدم في الحالة الطبيعية من 70-110 مجم / 100 مليلتر ويعتبر الجلوكوز مصدر الطاقة الوحيد للجسم والمخ والأعصاب وخلايا الجسم المختلفة للقيام بوظائفها الحيوية.

وهناك عدة عوامل تعمل على بقاء نسبة الجلوكوز في الدم ثابتة، فعندما ترتفع نسبة الجلوكوز في الدم فإن العضو الأول الذي يستجيب هو البنكرياس الذي يقوم بإفراز الانسولين، حيث يعمل على أن تقوم معظم خلايا الجسم بأخذ الجلوكوز من الدم وتقوم بتحويله إلى جليكوجين أو دهون، ويقوم الكبد بتحويل السكريات والبروتينات الزائدة عن الحاجة إلى دهون يخزنها الجسم، وعندما تكون نسبة الجلوكوز في الدم قليلة فإن البنكرياس يقوم بإفراز هرمون الجلوكاجون، الذي يقوم بتحويل الجليكوجين إلى جلوكوز.

ويوجد الجلوكوز في الفاكهة والفركتوز في العسل والفواكه، ويوجد الجالاكتوز مرتبطاً مع الجلوكوز لتكوين سكر اللبن «لاكتوز Lactose» وهو من السكريات الثنائية.

ومن أمثلة السكريات الثنائية  $C_{12} H_{22} O_{11}$ : السكروز والمالتوز واللاكتوز Sucrose, Maltose & Lactose ويوجد السكروز في قصب السكر والمالتوز في الشعير واللاكتوز في اللبن.

ومن أمثلة الكربوهيدرات المركبة  $(C_6 H_{10} O_5)_n$ : السكريات عديدة التسكر

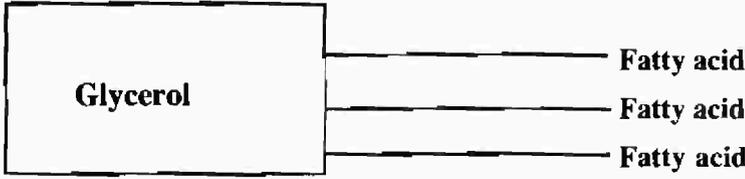
polysaccharide مثل النشا والسيلولوز وهى عبارة عن وحدات من الجلوكوز مرتبطة مع بعضها فى شكل سلسلة، وكذلك السيلولوز والمواد البكتية pectic substances والتي تشمل على البروتوبكتين protopectin والبكتين pectin وحمض البكتينيك pectinic acid وحمض البكتيك pectic acid .

### ثالثا : الدهون Lipids :

#### الوظائف الحيوية للدهون :

- ١ - انتاج السعرات الحرارية حيث يعطى الجرام الواحد حوالى ٩ كيلو كالورى .
- ٢ - مذيب للفيتامينات التى تذوب فى الدهون، مثل فيتامين أ-A، D، ك-K، ي-E .
- ٣ - زيادة الدهن فى الغذاء تسبب تأخير الشعور بالجوع لأنه بطيء الهضم .
- ٤ - إعطاء الغذاء مذاقاً ورائحة مميزة .
- ٥ - تكون الدهون جزءاً مهماً فى تركيب خلايا الجسم الحية .
- ٦ - يؤثر الدهن على سرعة تكلس العظام .
- ٧ - تؤثر كمية الدهن فى الغذاء على هضم وامتصاص محتويات الغذاء الاخرى من كربوهيدرات وبروتين، وبذلك نجد أنه يتحتم وجودها بنسبة ١ : ٥ .
- ٨ - بعض الاحماض الدهنية غير المشبعة كحامض الينوليك تعتبر ضرورية للنمو الطبيعى .

والدهون مواد كيميائية تحتوى على الكربون والهيدروجين والاكسجين، وتطلق هذه الكلمة على الدهون (Fats) والزيوت (Oils) والكوليسترول (Cholestrol) والليسيثين (Lecithin) وجميع الدهون لاتذوب فى الماء . ومعظم الدهون التى توجد فى الطعام وفى الجسم تكون على صورة ثلاثى الجليسيرات Triglycerides، وهى عبارة عن ثلاثة احماض دهنية متصلة بالجليسرول Glycerol فتختلف الدهون عن المواد عديدة التسكر بأنها لاتكون على هيئة سلسلة طويلة من الاحماض الدهنية .



وتنقسم الأحماض الدهنية إلى أحماض مشبعة وغير مشبعة Saturated Fatty acids وغير مشبعة Unsaturated acids.

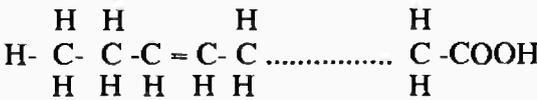
### الأحماض الدهنية المشبعة:

وتتميز هذه المجموعة بأن كل ذرة كربون ترتبط بذرة كربون مجاورة لها، وبذرتين من الهيدروجين.



### الأحماض الدهنية غير المشبعة:

وهي تتكون إذا فقد الحمض الدهني ذرتين هيدروجين من ذرتين الكربون المتجاورتين فإنه ينتج تبعاً لذلك رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون.



وإذا كان الحمض الدهني يحتوي على أكثر من رابطة ثنائية فيسمى حمضاً دهنيًا عديداً عدم التشبع Polyunsaturated.

والأحماض الدهنية المشبعة تزيد من نسبة الكوليسترول في الدم، بينما الأحماض الدهنية غير المشبعة تقلل من نسبة الكوليسترول في الدم، ويسبب ارتفاع نسبة الكوليسترول مخاطر صحية عديدة.

وأهم الاحماض الدهنية التي تدخل في تكوين الدهون هي حامض الاستياريك  
 $C_{17}H_{35}COOH$  (Satearic) وحامض البالميتيك  $C_{15}H_{31}COOH$  (Palmitic) وحامض  
 الأوليك  $C_{17}H_{33}COOH$  (Oleic).

وتمثل الدهون حوالي ١٥٪ من وزن الرجل وحوالي ٢٠٪ من وزن المرأة، ويخزن  
 حوالي ٥٠٪ من الدهون تحت الجلد وتوجد كعازل Insulator حول الاعضاء المهمة في  
 الجسم وهي تلعب دوراً مهماً في احتفاظ الجسم بدرجة حرارته ثابتة ويلعب دوراً مهماً  
 أيضاً في نقل الفيتامينات التي تذوب به. وتعتبر الدهون مصدراً مهماً من مصادر الطاقة  
 في الجسم، وهي تعطى للطعام طعماً ورائحة مستحبة وتؤخر الشعور بالجوع.

#### الليسيثين Lecithin :

من الدهون المفسفرة في الجسم phospholipids، وهو يلعب دوراً حيوياً للخلية؛  
 حيث يدخل في تكوين غشاء الخلية Cell membrane، وهو يستخدم كمستحلب،  
 حيث من المعلوم ان الدهون والماء لايمتزجان ولكن المستحلب يستطيع أن يكسر حبيبات  
 الدهون إلى حبيبات صغيرة لتكون مع الماء محلولاً متجانساً، ويستطيع أن يحتفظ  
 بالدهون في صورة سائلة في الدم، وهي من الوظائف المهمة له، ويستخدم صناعياً  
 كمستحلب في انواع السلاطات، ويقوم الكبد بتصنيع الليسيثين. وإذا وجد في الطعام  
 بكثرة فإنه يقلل من الشهية، ويسبب مشاكل اخرى للجسم.

#### الكوليسترول $C_{27}H_{46}O_6$ Cholestrol :

يوجد الكوليسترول في جميع خلايا الجسم الجسم والمخ والجهاز العصبي والعضلات  
 والجلد والكبد والقلب والامعاء، ويستخدم في تكوين العصارة الصفرواية التي تلعب  
 دوراً مهماً في هضم الدهون، ويدخل أيضاً في تكون الهرمونات الجنسية sex  
 hormones وتكوين غشاء الخلية.

ويوجد الكوليسترول في الاغذية ذات الاصل الحيواني فقط مثل صفار البيض والكبد

والمخ، وهى تعتبر من مصادره الرئيسية ويوجد أيضاً فى اللحم والسمك واللبن وجميع منتجاته .

ويحتاج الجسم من الكوليسترول إلى حوالى ٤٠٠ - ٥٠٠ ملليجرام / اليوم، ويستطيع الكبد أن يقوم بتصنيع ٧٠٠ - ١٠٠٠ ملليجرام / اليوم. ولذلك إذا كان الطعام يحتوى على كمية قليلة منه، فإن الكبد يقوم بتصنيع ما يحتاجه الجسم .

الشروط الواجب توافرها فى غذاء الإنسان :

- ١ - احتواؤه على كمية من البروتين كافية لإمداد الجسم بالاحماض الأمينية الضرورية .
- ٢ - احتواؤه على كمية من المواد العضوية مثل البروتين والدهون والكربوهيدرات .
- ٣ - احتواؤه على كمية كافية من الفيتامينات للوقاية من أمراض عديدة .
- ٤ - احتواؤه على املاح معدنية .
- ٥ - احتواؤه على كمية كافية من الماء .
- ٦ - خلوه من أى مواد سامة أو ضارة بالجسم .

## الهضم Digestion

الهضم هو عملية فسيولوجية معقدة تمر فيها المواد الغذائية، التي تدخل القناة الهضمية بتغييرات فيزيائية وكيميائية، حتى يحدث لها امتصاص وتمر إلى الدم والليمف. والتغيرات الفيزيائية عبارة عن طحن وخلط وإذابة المواد الغذائية، والتغيرات الكيميائية عبارة عن خطوات متتالية تمر بها المواد البروتينية والدهنية والكربوهيدراتية تحت تأثير الإنزيمات، حتى تصل إلى مواد بسيطة يستطيع الجسم امتصاصها.

ويمكن تقسيم الإنزيمات إلى ثلاث مجموعات:

- ١ - الإنزيمات المسئولة عن هضم البروتينات وتسمى بروتينازس *protenases*.
- ٢ - الإنزيمات المسئولة عن هضم المواد الدهنية وتسمى الليبيزس *Lipases*.
- ٣ - الإنزيمات المسئولة عن هضم المواد الكربوهيدراتية وتسمى كربوهيدريزس *carbohydrases*.

وتفرز الإنزيمات من الغدد الخاصة بها، وتدخل القناة الهضمية مع اللعاب والعصير المعدى والبنكرياسى والمعوى. والمواد الغذائية التي تحتوي على البروتين والدهون والكربوهيدرات، عبارة عن مواد معقدة لا تستطيع خلايا الجسم أن تستفيد منها، وهي على هذه الصورة. ولذلك لا بد أن تتحول إلى صورة أبسط منها مثل الأحماض الأمينية والسكريات الأحادية والأحماض الدهنية، وتمر الفيتامينات والأملاح المعدنية دون أن يعثرها أى تغيير.

وتقوم القناة الهضمية بالوظائف الآتية: الإفراز والحركة والامتصاص.

\* الإفراز: عبارة عن تكوين العصائر الهاضمة من الغدد الخاصة بها مثل: اللعاب والعصير المعدى والبنكرياسى والمعوى والصفراء.

\* الحركة: عبارة عن حركة العضلات التي توجد بجدارها وحركة الطعام داخل القناة الهضمية.

\* الامتصاص: يحدث امتصاص لنواتج الهضم خلال العشاء المخاطى المبطن للمعدة وجدار

الأمعاء الدقيقة، ولا تقوم أجزاء القناة الهضمية فقط بعملية إفراز secretion ولكن تقوم أيضا بعملية إخراج excretion مثل تكوين الصفراء وخروج بعض المعادن الثقيلة والمواد الإخراجية الناتجة من الهضم. وهذه العمليات جميعها تنظم عن طريق الجهاز العصبي المركزي والهرمونات. وتتم عملية الهضم والامتصاص على المراحل الآتية:

## أولا: الهضم Digestion:

### ١ - الهضم في الفم:

تبدأ عملية الهضم في الفم، وذلك بطحن المواد الغذائية وتحويلها إلى جزيئات صغيرة وخلطها باللعاب وتحويلها إلى مضغعة (بلعة غذائية)، ويبقى الغذاء في الفم ١٥ - ١٨ ثانية، ثم يبلع عن طريق دفعه إلى البلعوم ثم المريء عن طريق انقباض عضلات اللسان. وتتم عملية الطحن عن طريق حركة عضلات الفك السفلي، عكس حركة الفك العلوي، وهذا يسمح للأسنان بتقطيع الطعام وطحنه وخلطه باللعاب ويصبح في صورة سهلة البلع.

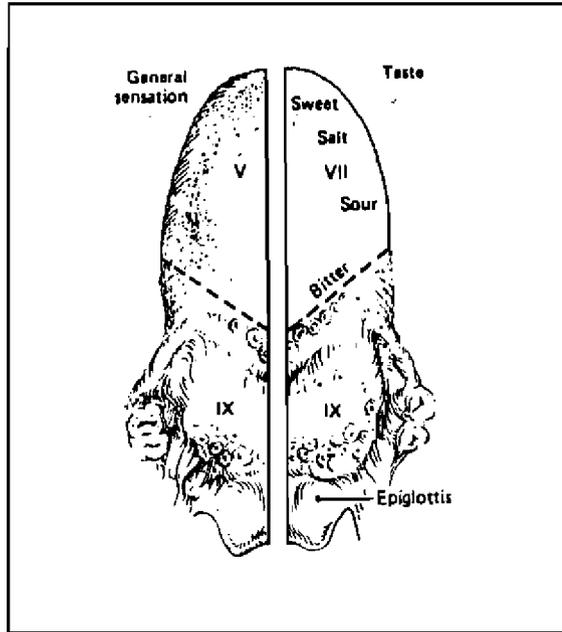
عند وجود الطعام بالفم يعتبر محفزا stimulus لمستقبلات التذوق، التي توجد في الطبقة المخاطية باللسان، بينما تنتشر مستقبلات اللمس والحرارة والألم على الغشاء المخاطي المبطن للتجويف الفمي الداخلي، فترسل الإشارة إلى الألياف الواردة، وتصل إلى مراكز العصب المركزي فتحفز على إفراز اللعاب والعصائر الهاضمة.

### أ - الغدد اللعابية:

وتتكون من ثلاثة أزواج تسمى تحت فكية (sublingual submaxillary) وغدد صغيرة عديدة، توجد على سطح اللسان وتفتح القنوات الخاصة بها في التجويف الفمي. وتختلف مكونات اللعاب باختلاف الغدد؛ فمثلا الغدد تحت فكية يكون اللعاب بها لزجاً وذلك لاختلاف مكوناته من الميوسين والجليكوبروتين. والميوسين هو المسئول عن إعطاء المظهر المخاطي لللعاب وعند تشبع الطعام منه يجعله سهل الابتلاع. ويحتوى اللعاب أيضا على كميات صغيرة من الجلوبيولين - الألبومين - الأحماض الأمينية - كرياتينين - حمض البولييك - البولين و مواد أخرى غير عضوية. وبصورة

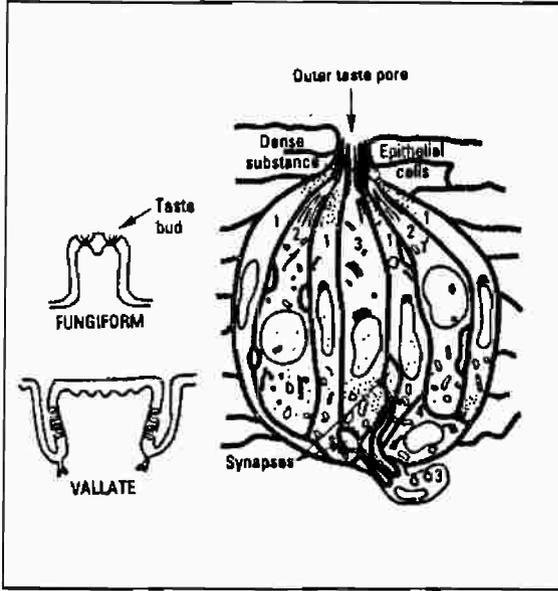
عامه فإن حوالى ٣/٢ اللعاب عبارة عن مواد عضوية و١/٣ املاح معدنية. ويختلف إفراز اللعاب تبعاً لنوع المادة الغذائية؛ فمثلاً المواد الخشنة تحفز على إفراز كمية كبيرة منه، وهذا يوضح سبب افراز كمية كبيرة من اللعاب مع البقسماط عن الخبز، وكمية كبيرة مع مسحوق اللحم عن قطعة اللحم.

وتتراوح كمية اللعاب من ١٠٠٠ إلى ١٢٠٠ مللى لتر/ اليوم، وهو قلوبى ضعيف وتتراوح درجة الأس الهيدروجينى له هى حوالى ٦٫٧ ويوقف نشاطه عن طريق الإفراز المعدى لأن الوسط يصبح حمضياً.



Sensory innervation of the tongue.  
The numbers refer to cranial nerves.

ويحتوى اللعاب على انزيم الاميليز الذى يساعد على تكسير المواد الكربوهيدراتية فيعمل على تحويل النشا إلى دكسترين الذى يتحول بدوره إلى مالتوز وهو من السكريات الشائبة كما يوجد ايضا انزيم المالتيز الذى يقوم بتحويل المالتوز إلى جزئين من السكر الأحادى. وعلى الرغم من نشاط الانزيمات التى توجد باللعاب فإنها لا تستطيع تكسير كمية كبيرة من النشا؛ لأن الطعام يظل بالفم لمدة قصيرة.



Taste bud, showing type 1, 2, and 3 cells.  
(Shepherd GM: *Neurobiology*, 2nd ed. Oxford Univ Press, 1988).

### ب - التأثير الانعكاسي :

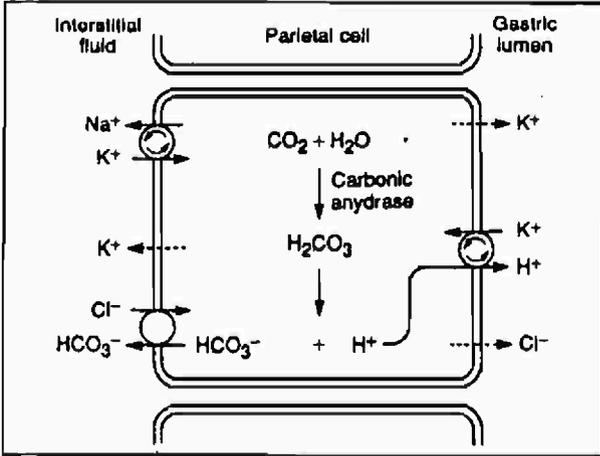
ينظم عملية إفراز اللعاب ما يسمى بالتأثير الانعكاسي (reflex) والمؤثر الذي ينبه لافرازه هو الطعام، فتتولد الإشارات العصبية نتيجة تأثير هذه المنبه على المستقبلات العصبية التي توجد في الفم، وتصل من خلال العصب المثلث الوجوه trigeminal، والعصب البلعومي glosopharyngeal إلى منطقة النخاع المستطيل في المخ، والتي يقع فيها المركز الخاص باللعاب. ونتيجة لذلك، تتولد إشارات كهربية صادرة إلى الغدد الخاصة بإفراز اللعاب فتقوم بإفرازه. وبعد ذلك يمر الطعام إلى البلعوم عن طريق حركة لا إرادية، ثم يمر بعد ذلك إلى المرئ وتبدأ عضلات المرئ في الانقباض ودفع الطعام إلى المعدة.

### ٢ - الهضم في المعدة:

عند دخول الطعام إلى المعدة يبقى بداخلها على شكل طبقات متتالية، حتى يمر

تدرجياً إلى الأمعاء . وتحدث فى المعدة عمليات كيميائية عن طريق العصير الذى تقوم بإفرازه الغدد المبطنه لجدارها المخاطى وتقوم الخلايا الجانبية بإفراز حمض الهيدروكلوريك . والعصير المعدى عبارة عن سائل عديم اللون حمضى؛ نتيجة لوجود حمض الهيدروكلوريك (٤-٥٪ من العصير المعدى) وتتراوح درجة الأس الهيدروجينى للمحلول النقى من العصير المعدى من ٠.٩ إلى ١.٥، ولكن فى وجود الطعام يقل تركيز الحمض ويقع الأس الهيدروجينى بين ١.٥ - ٢.٥ .

ويحتوى العصير المعدى على إنزيم البروتينيز الذى يحلل البروتين إلى عديدة الببتيدات وانزيم الليباز الذى يحلل الدهون (ولكن الوسط غير مناسب له) . والبروتينيز عبارة عن الببسين pepsine والجيلاتينيز gelatinase والرنين rennin (يعمل فى معدة الاطفال فقط نظراً لتعادل الوسط) . ويعمل الببسين فقط فى الوسط الحمضى (PH:3.2) (1.6) ويفرز فى صورة غير نشطة تعرف باسم الببسينوجين، ويتحول إلى الصورة النشطة نتيجة لتأثير حمض الهيدروكلوريك، وذلك عن طريق فصل مجموعة عديدة الببتيدات التى تحتوى على الأرجنين التى تثبط فعل الإنزيم، وبذلك يصبح فى صورة نشطة . ومن ناحية أخرى، فإن انزيم الجيلاتينيز يقوم بتكسير الجيلاتين الذى يوجد فى الانسجة الضامة .



HCL secretion by parietal cells in the stomach. Active transport by ATPase is indicated by arrows in circles.  $H^+$  is secreted into the lumen of the canallcui in exchange for  $K^+$  by  $H^+K^+$  ATPase.  $HCO_3^-$  is exchanged for  $Cl^-$  in the interstitial fluid by an antiport, and  $Na^+K^+$  ATPase keeps intracellular  $Na^+$  low. Dashed arrows indicate diffusion.

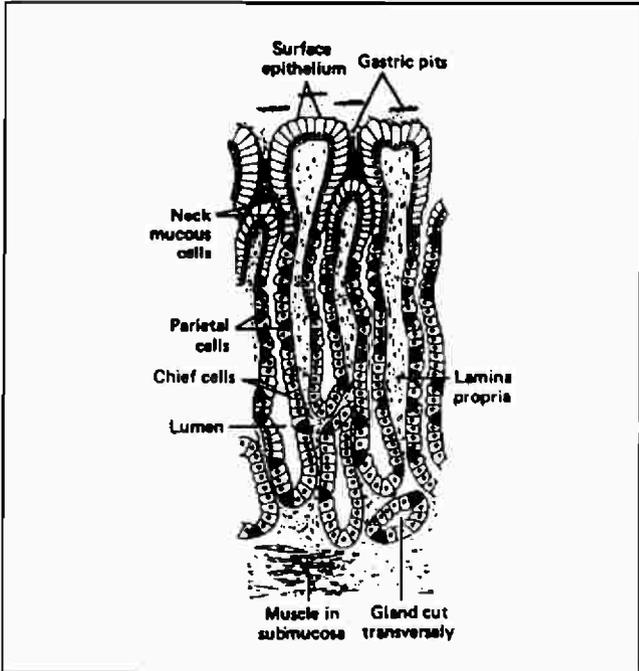
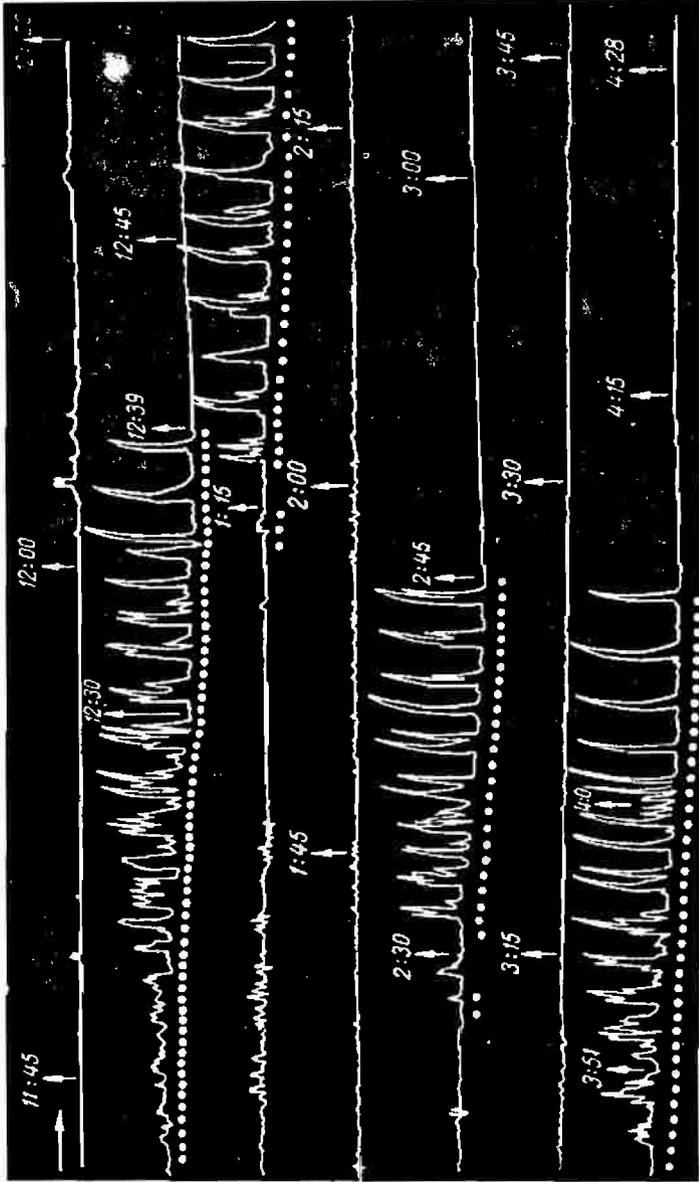


Diagram of glands in the mucosa of the body of the human stomach.

From Bell GH, Davidson N, Scarbrough G: Text - book of Physiology and Biochemistry, 6th ed. Living stone, 1965).



Recording of periodical motor activity of the stomach occurring with no digestion place (after U. N. Boldyrev) The tracings show four periods of activity alternating with long periods of rest. Each line is a continuation of the other tracings are read from left to right and from top to bottom. The white dots under the tracings indicates the periods of duodenal secretion.

والجدير بالذكر أن أنزيم الرينين هو المسئول عن تحضّر اللين عن طريق تحويل الكازينوجين إلى كازين (صورة غير دائبة) فى وجود أيونات الكالسيوم.

ويلعب حمض الهيدروكلوريك دوراً مهماً فى الهضم بالمعدة حيث إنه:

١ - يساعد فى وجود وسط حمضى مناسب لدرجة نشاط الببسين القصى.

٢ - يحول الببسينوجين إلى ببسين.

٣ - يغير من طبيعة البروتين (denaturation) فيساعد على انتفاخه وتحويله إلى صورة، تسهل من عملية تكسيره عن طريق الإنزيم.

٤ - يعمل على إذابة أجزاء العظام التى توجد فى الطعام وقتل البكتريا.

ولقد ظهرت نظريات كثيرة لتفسير كيفية تكوين حامض الهيدروكلوريك فى المعدة، أهمها ما يأتى:

١ - تبدأ عملية تكوين حامض الهيدروكلوريك فى الخلايا الجانبية بتفاعل الماء مع ثانى أكسيد الكربون فى وجود إنزيم الكربونيك أنهيدريز Carbonic anhydrase؛ فيتكون حامض الكربونيك الذى يتحلل إلى أيون أيدروجين موجب وأيون بيكربونات سالب، ثم يمر أيون البيكربونات السالب من الخلايا الجانبية إلى الدم، وينتقل فى مقابل ذلك من الدم إلى الخلايا الجانبية أيون الكلور السالب، الذى يتحد مع أيون الأيدروجين الذى سبق تكوينه من تحلل حامض الكربونيك، ويتكون بذلك حامض الهيدروكلوريك.

إنزيم كربونيك



أنهيدريز

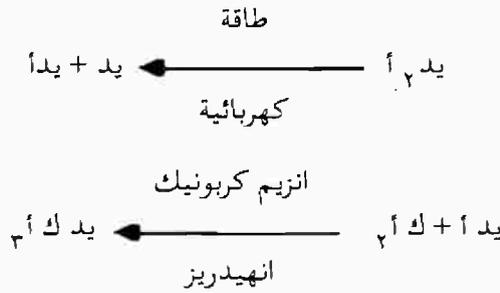


أيون يد<sup>+</sup> ك<sup>+</sup> أ<sup>-</sup> (من الخلايا الجانبية إلى الدم)

أيون الكلور (من الدم إلى الخلايا الجانبية)

يد<sup>+</sup> + كل<sup>-</sup> ← يد<sup>+</sup> كل<sup>-</sup> (حامض هيدروكلوريك)

٢ - تبدأ عملية تكوين حامض الهيدروكلوريد في الخلايا الجانبية بتحليل الماء بواسطة طاقة كهربائية إلى أيون ايدروجين موجب، وأيون هيدروكسيل سالب - يمر ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الخلايا الجانبية ويتحد مع أيون الأيدروكسيد ليكون أيون البيكربونات السالب، ويساعد على هذا الاتحاد انزيم الكربونيك انهيدريز - ثم يمر أيون البيكربونات من الخلايا الجانبية إلى الدم، وينتقل في مقابل ذلك أيون الكلور من الدم إلى الخلايا الجانبية. يتحد أيون الكلور هذا مع أيون الأيدروجين الذي سبق تكوينه من تحليل الماء ليعطي حامض الهيدروكلوريك.



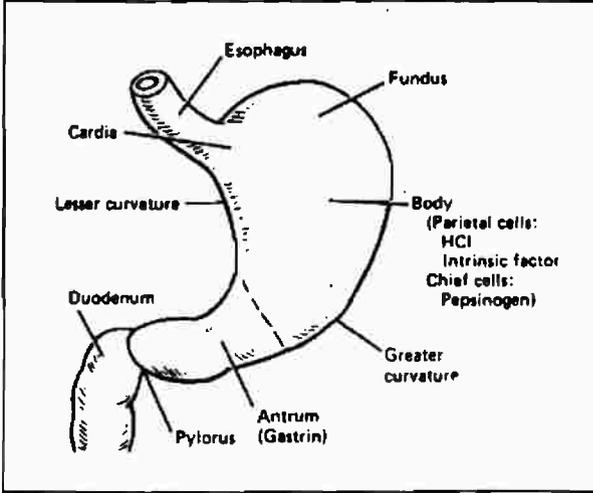
أيون يد ك  $\mu$  أ (من الخلايا الجانبية إلى الدم)

أيون الكلور (من الدم إلى الخلايا الجانبية)

يد + كل  $\longleftarrow$  يد كل (حامض هيدروكلوريك)

ويعضد العلماء هذه النظرية الأخيرة أكثر من غيرها من النظريات .

إن دخول الطعام إلى الفم أو رائحته أو تذوقه أو النظر إليه يحفز الخلايا على إفراز العصير من الخلايا الخاصة بها في الجزء البوابي من المعدة، ويختلف العصير المعدى في مكوناته وكميته تبعاً لنوع الطعام . ومن التجارب التي أجريت على حيوانات التجارب أوضحت أن أكبر كمية من العصير تفرز في حالة اللحوم، وكمية قليلة في حالة الخبز واللبن، وتوجد فترة كمون (Latent period) بين الطعام المتناول وبداية إفراز العصير المعدى، وتختلف هذه الفترة باختلاف نوع الغذاء المتناول .



**Anatomy of the stomach. The principal secretions are listed in parentheses under the labels indicating the locations where they are produced. In addition, mucus is secreted in all parts of the stomach. The dashed line marks the border between the body and the antrum.**

يحتوى العصير المعدي الذى يفرز للحوم على كمية أكبر من حمض الهيدروكلوريك، بينما يحتوى العصير الذى يفرز للخبز واللبن على كمية كبيرة من الإنزيمات.. وتعمل الدهون على تقليل نشاط الغدد المعديّة بعد تناولها، وتقلل من درجة حموضة العصير المعدي، وتزيد فترة الكمون، وتزيد من زمن الإفراز. ويتم انقباض العضلات المبطنّة لجدار المعدة لخلط الطعام ودفعه إلى الأمعاء الدقيقة بعد تحويل البروتين إلى عديدة الببتيدات.

وتتأثر حركة المعدة ببعض الهرمونات والمؤثرات الكيميائية مثل الجاسترين والهستامين والكولين وبعض الأيونات مثل البوتاسيوم تساعد في حركة المعدة، ولكن وجود الانتيروجاسترين والادرينالين والنورادرينالين والكالسيوم يقلل من حركة المعدة.

### ٣ - الهضم فى الأمعاء :

#### أ - الاثنى عشر :

بعد مرور الطعام من المعدة إلى الاثنى عشر، يختلط بالعصارة البنكرياسية والصفراء،

وفى عدم وجود الطعام يكون الوسط قاعدياً ضعيفاً، وعند دخول الطعام حيث يوجد بعضاً من حامض الهيدروكلوريك يصبح حمضياً ثم يتحول إلى وسط قاعدي نتيجة لوجود أيونات البيكربونات .

العصارة البنكرياسية هى سائل شفاف عديم اللون قاعدي؛ نظراً لوجود البيكربونات ويقع الاس الهيدروجينى بين ٧,٨ إلى ٨,٤ .

تحتوى العصارة البنكرياسية على عديد من الإنزيمات مثل التربسين والكيমوتريسين (الخاصة بتحليل البروتين) والكربوكسى ببتيديز والامينوببتيديز (تساعد على تحلل الأحماض الأمينية عند النهايات الأمينية والكربوكسيلية) . هذا ويعمل إنزيم الليباز على تحلل الدهون، بينما يقوم انزيم الاميليز بتحويل الكربوهيدرات إلى مواد ثنائية التسكر والمالتيز (تحويل المالتوز إلى جلوكوز) واللاكتيز (تحويل اللاكتوز إلى جلوكوز) والنيوكليز (خاص بالأحماض النووية) .

ويتحول التربسينوجين (صورة غير نشطة) إلى تربسين عن طريق الانتيروكينيز الذى يساعد على فصل ٦ أحماض أمينية مرتبطة به؛ فيتحول إلى الصورة النشطة، ثم يقوم التربسين بتنشيط الكيموتريسينوجين . ويفضل فعل التربسين والكيমوتريسين، يتحول البروتين إلى عديده الببتيدات الكربوكسيلية والأمينية . وتتحول الدهون إلى أحماض دهنية وجلسرين عن طريق الليباز، ويسهل من ذلك أملاح الصفراء .

ويقوم إنزيم الكربوكس ببتيديز بتحويل عديده الببتيدات الكربوكسيلية إلى ثنائية الببتيدات يبدأ إفراز العصير البنكرياسى بعد ٢ - ٣ دقائق من تناول الوجبة، وتختلف مكوناته من الانزيمات باختلاف نوع المواد الغذائية .

يصل الإفراز إلى أقصاه بعد حوالى ساعتين من تناول اللحوم، وبعد ساعة من تناول الخبز، وبعد ثلاث ساعات من تناول اللبن . وكمية العصير التى تفرز فى حالة اللحم دون دهن تقدر بحوالى ١٥٠٪ من التى تفرز مع الوجبات التى تحتوى على دهون، كما أن تناول الأطعمة الدهنية لمدة طويلة تؤدى تدريجياً إلى النقص فى الإفراز البنكرياسى . هذا... ويزيد محتوى العصير البنكرياسى من الليباز مع تناول الدهون، وتزيد كمية

الأميليز مع تناول الكربوهيدرات وتزيد كمية التربسين مع تناول البروتينات وهكذا. ويعتمد إفراز العصير البنكرياسي على عاملين أساسيين هما: الجهاز العصبي والهرمونات.

### \* العصارة البنكرياسية:

تحدث إثارة وإفراز للعصير البنكرياسي عن طريق النظر ورائحة الطعام ومؤثرات أخرى مثل مضغ الطعام والبلع تؤدي إلى إثارة المستقبلات الموجودة في الفم والمرئ؛ مما يؤدي إلى الإفراز (التأثير الإنعكاسي) عن طريق الومضة العصبية التي تتولد من هذه المستقبلات والتي تصل إلى مركز العصب الخاصة بإفراز العصارة البنكرياسية، التي توجد في منطقة النخاع المستطيل ثم تمر الومضة بالاستجابة عن طريق العصب الحائر إلى غدة البنكرياس فيبدأ في الإفراز.

وأيضا دخول محلول حمض الهيدروكلوريك أو العصارة المعدية إلى الاثني عشر تعمل كمحفز قوى لإثارة البنكرياس على الإفراز؛ لأنه يؤثر على الخلايا المبطنة للاثني عشر، فتفرز مادة تعرف باسم السكرتين (secretin) والتي تحمل بواسطة الدم إلى الخلايا البنكرياسية، فتقوم بتنشيطها. والصورة غير النشطة للسكرتين تعرف باسم البروسكرتين pro-secretin، وتتحول إلى الصورة النشطة عن طريق تأثير الأحماض الدهنية، وبالإضافة إلى السكرتين يوجد أيضا هرمون البنكريوزيمين Pancreozymin الذي يحفز على إفراز الإنزيمات، ويوجد انزيم التربسين في صورة غير نشطة تعرف باسم تربسينوجين trypsinogen، ويتحول إلى الصورة النشطة عن طريق الانتيروكينين الذي يفرز من خلايا المعدة.

### \* العصارة الصفراوية:

يفرز الكبد العصارة الصفراوية، وتقوم بالوظائف الآتية:

- ١ - تزيد من نشاط بعض الإنزيمات التي تفرز من البنكرياس؛ وخاصة إنزيم اللاكتيز الذي يزيد من نشاطه حوالي ٢٠ مرة نتيجة لوجود العصارة الصفراوية.
- ٢ - تعمل على تصين الدهون مما يسهل تكسيرها وامتصاصها.
- ٣ - تساعد في حركة الأمعاء الدقيقة ودخول العصارة البنكرياسية إليها.

ومن ناحية أخرى.. فإن الوظيفة الأساسية للمرارة هي تحليل وتمثيل الدهون، وأى ضرر يصيب المرارة يسبب عرقلة في أيض الدهون. ويفرز من العصارة المرارية في اليوم حوالي ٥٠٠ إلى ١٠٠ مللى لتر عن طريق خلايا الكبد، ولكن دخولها إلى القناة المرارية ثم الأمعاء يحدث فقط بعد دخول الطعام إلى المعدة والأمعاء، وفي عدم وجود الطعام تخزن في الحوصلة المرارية.

وتختلف العصارة المرارية التي تدفع من القناة الكبدية في مكوناتها وخواصها، عن تلك التي تخزن في الحوصلة المرارية؛ فمثلا الأولى عبارة عن محلول شفاف لونه أصفر فاتح، والاخيرة لونها غامض يميل إلى السواد وأكثر سمكا، وتحتوى على مواد صلبة وهذا نتيجة خلطها بالسائل المخاطي الذي تفرزه الطبقة المخاطية للحوصلة المرارية.

وتتكون العصارة الصفراوية من أحماض وصبغات، وتحتوى على الليسيتين والكوليسترول والدهون، والميوسين الذي يفرز عن طريق العشاء المخاطي المبطن للحوصلة المرارية، وبعض الأملاح غير العضوية، ولا تحتوى على إنزيمات، وتحتوى أيضاً على حامضين هما الجليكوكوليك والجليكوكولييك glycocholic - glycocholic. أما الصبغات الموجودة فهي عبارة عن البليروبين والبليفردين Bilirubin - Biliverdine والبليفردين ناتج من تأكسد البيلروبين، ويتكون البليروبين من الهيموجلوبين المنطلق من تكسير كرات الدم الحمراء ( ١ جم من الهيموجلوبين ينتج حوالي ٤٠ مللى جرام من البليروبين )، وتوجد بعض الهرمونات تحفز على إفراز العصارة المرارية من الكبد مثل الجاسترين والسكرتين، عن طريق التأثير المباشر على الخلايا التي تقوم بالإفراز.

وقد وجد أن مادة الكوليستيسستوكينين cholecystokinin التي تتكون في الاثنى عشر نتيجة تأثير حمض الهيدروكلوريك والأحماض الدهنية ومواد أخرى، تساعد على انقباض الحوصلة المرارية وتفرغ محتوياتها أثناء عملية الهضم.

#### ب - الهضم في الأمعاء الدقيقة:

يحتوى الغشاء المخاطي المبطن للأمعاء الدقيقة على عدد داخلية تفرز العصير المعوي، وهو سائل عديم اللون قاعدي غير شفاف؛ نظراً لاحتوائه على خليط من المخاط وبعض الخلايا المبطنة وبلورات من الكوليستسترول وكلوريد الصوديوم، وكمية قليلة من

الكربونات . وتحتوى العصارة المعوية على انزيمات خاصة بهضم الكربوهيدرات والدهون وبقايا البروتين التي حدث لها هضم فى المعدة والاثني عشر، والصورة النهائية للبروتين هي الأحماض الأمينية، وذلك عن طريق الامينوببتيديز والدايببتيديز Amino peptidase and dipeptidase ، يقوم النيوكليز بهضم الاحماض النووية، وتحتوى أيضاً على الاميليز والليباز، ولكن فى صورة قليلة النشاط . وتتحول المواد ثنائية التسكر إلى أحادية التسكر عن طريق الانزيمات الخاصة بها: فمثلاً:

\* سكر الشعير ( المالتوز ) يتحلل عن طريق إنزيم المالتيز .

\* سكر القصب ( السكروز ) يتحلل عن طريق إنزيم الانفرتيز Invertase أو السكريز .

\* سكر اللبن (Lactose) يتحلل عن طريق إنزيم اللاكتيز .

والنقص فى هذه الإنزيمات يسبب إسهالاً وانتفاخاً بعد تناول السكريات . ويحدث الإسهال نتيجة لزيادة النشاط الاسموزى للسكريات الباقية فى تجويف الأمعاء؛ مما يسبب زيادة فى حجم محتويات الأمعاء . وتوجد فى القولون البكتريا التي تعمل على تكسير السكريات (oligosaccharides) مما يسبب زيادة فى الضغط الاسموزى والانتفاخ؛ نتيجة إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون والهيدروجين من جزيئات ثنائية التسكر المتبقية فى الأمعاء والقولون . .

يحدث افراز للعصير المعوى عن طريق مؤثرات كيميائية مثل العصير المعدى أو مؤثر ميكانيكى، وذلك عن طريق الجهاز العصبى الطرفى الذى يؤثر على الخلايا العصبية، التى توجد فى جدار الأمعاء فتحثها على الإفراز، ومن هنا نجد أن الجهاز العصبى المركزى ليس له دور فى افراز العصير المعوى . ويوجد ايضا هرمون الانتيروكروينين enterocrinin الذى يساعد فى عملية الإفراز .

#### ٤ - التغيرات التى تحدث فى الأمعاء الغليظة :

يدخل الطعام الذى لم يحدث له امتصاص فى الأمعاء الدقيقة إلى الجزء الأول من الأمعاء الغليظة ( الأعمار ) عن طريق صمام، يسمح بمرور الطعام فى اتجاه واحد فقط، ويبقى مغلقاً إذا لم تكن هناك عملية هضم، وبعد ٤ دقائق من تناول الوجبة يبدأ فى

الانفتاح بمعدل ٣٠ - ٦٠ ثانية، والمواد التي لم يحدث لها هضم هي الخضراوات والأنسجة السيليوزية. وتحتوى الأمعاء الغليظة على بكتيريا فلورا (flora) التي تعمل على تخمر الكربوهيدرات وتحلل البروتين وبعض الأحماض الأمينية، التي لم يحدث لها امتصاص. ونتيجة لفعل البكتيريا على المواد البروتينية تنتج مواد سامة مثل الأندول والاسكاتول والفينول، وإذا حدث لها انتقال إلى الدم، تحدث لها عملية إزالة السموم بالكبد (detoxification). والجزيئات التي توجد بالأمعاء الغليظة سميكة بسبب امتصاص الماء. والأجزاء الصلبة من الإفراز المعدي مثل المخاط تلعب دوراً مهماً في تكوين البراز، وذلك عن طريق اتحاد الأجزاء غير المهضومة مع بعضها. ومكونات البراز عبارة عن: المخاط - بعض الأنسجة المبطنة - الكلوستيريول - صبغات المرارة (تعطى اللون للبراز) - الأملاح غير الذائبة - البكتيريا - الطعام غير مهضوم (السيليلوز والكولاجين). ومعظم المكونات غير آتية من المواد الغذائية، وهذا يفسر وجوده في حالة الصيام.

### ثانياً: الامتصاص (Absorption):

يعرف الامتصاص على أنه مرور المواد المختلفة من الوسط الخارجى إلى الدم أو الليمف، عن طريق طبقة أو أكثر من الخلايا التي تكون غشاء بيولوجى. وهذه الأغشية هي: الطبقة المبطنة للجلد، والطبقة المخاطية المبطنة للأمعاء، والحوصلة المرارية، وجدار الحويصلات المرارية، والطبقة التي تغطى التجوييف البريتونى.... وهكذا. ومعظم الأغشية البيولوجية شبه منفذة بمعنى أنها تسمح بمرور بعض المواد ولا تسمح بمرور مواد أخرى. والأغشية منفذة للمواد التي تكون محلولاً حقيقياً، وغير منفذة للمواد التي تكون محلولاً غروياً، وتسمح بنفاذ المواد فى اتجاه واحد فقط.

هناك مواد من الممكن أن تمتص عن طريق الجلد والمواد، التي تتطاير تمتص عن طريق الحويصلات الهوائية، والمواد التي تحقن تحت الجلد أو فى التجوييف البريتونى يمكن أن تمتص وتقر إلى الدم أو الليمف.

ويعتبر الامتصاص الذى يحدث فى القناة الهضمية مهماً جداً؛ نظراً لأنه يمد الجسم بالمواد الغذائية اللازمة؛ حيث إن الامتصاص يحدث بصورة ضعيفة فى المعدة للأملاح

المعدنية والماء والكحوليات وأحاديات التسكر؛ ويحدث الامتصاص بصورة نشطة فى الأمعاء الدقيقة نظراً لكبير مساحة السطح الماص نتيجة لوجود الثنايا والخمالات بأعداد كبيرة. ويتكون الغشاء الماص من خلايا مستطيلة دائرية الشكل مهدبة، قطرها حوالى 8 ميكرون وتشاهد بالميكروسكوب العادى. وبالفحص بالميكروسكوب الإلكتروني وجد أن الأهداب عبارة عن زوائد خيطية طويلة (1-3 ميكرون فى الارتفاع وحوالى 0.08 ميكرون فى القطر).

ويحدث الامتصاص عن طريق الترشيح *filtration*، والانتشار *diffusion* والقوة الأسموزية *osmosis*، ويعتمد الترشيح على الضغط الهيدروستاتيكي الذى يتولد نتيجة انقباض العضلات التى توجد فى الجدار.

والانتشار البسيط *Passive iffusion* هو عبارة عن عملية يتم فيها انتشار المواد أو الغازات، التى توجد فى المحاليل نتيجة لحركة جزيئاتها لتملأ حيزاً معيناً. وهذه الجزيئات دائماً فى حركة عشوائية، وتنتشر المواد من المحاليل التى توجد فيها بتركيز أكبر إلى الأقل تركيزاً.

والانتشار النشط (*Active diffusion*): وفيه تنتقل المواد من الوسط الأقل إلى الوسط الأعلى تركيزاً وهذا يحتاج إلى طاقة (*ATP*).

#### القوة الأسموزية *osmosis* :

عند إذابة مادة معينة فى الماء فإن تركيز جزيئات الماء، تكون أقل من تركيزها فى محلول الماء النقى. وإذا وضع غشاء (يسمح بمرور الماء فقط ولا يسمح بمرور المادة المذابة) به مادة مذابة فى ماء نقى، نجد أن جزيئات الماء تنتقل من الوسط الأقل تركيزاً (الوسط الذى يوجد به تركيز أكبر من جزيئات الماء) إلى الوسط الأعلى تركيزاً (الذى يوجد به تركيز أعلى من المادة المذابة وتقل به جزيئات الماء). والعملية التى يتم فيها انتشار المادة المذابة (الماء) إلى المنطقة التى يوجد فيها تركيز أعلى من المادة المذابة، التى لا يسمح لها الغشاء الفاصل بالمرور تسمى القوة الأسموزية. ومن الممكن أن تقف هذه العملية عن طريق ضغط يتولد فى المنطقة الأعلى تركيزاً يسمى الضغط الأسموزى.

١ - امتصاص البروتين:

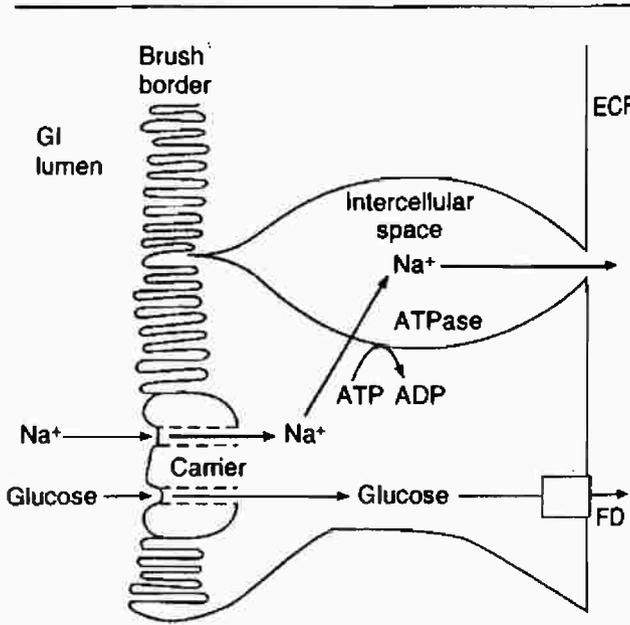
الاحماض الأمينية هي نواتج هضم البروتين في القناة الهضمية، وهي الصورة الممتصة من الأمعاء الدقيقة.

٢ - امتصاص المواد الكربوهيدراتية:

الجلوكوز هو الصورة الممتصة من الأمعاء الدقيقة وأيضاً الفركتوز والجالاكتوز. وتحدث عملية فسفرة للجلوكوز والجالاكتوز (بالاتحاد مع حمض الفوسفوريك) في الجزء المخاطي من الأمعاء الدقيقة، وجود أى مادة سامة يمنع عملية الفسفرة ويقلل من عملية امتصاص الكربوهيدرات. وتتأثر هذه العملية أيضاً بهرمون الأنسولين الذى يقلل من كمية الجلوكوز فى الدم.

ويتوقف امتصاص الجلوكوز على درجة تركيز أيون الصوديوم على سطح الخلايا المبطنة للأمعاء الدقيقة؛ حيث ثبت أن التركيز المرتفع منها يسهل من عملية الامتصاص والعكس صحيح.

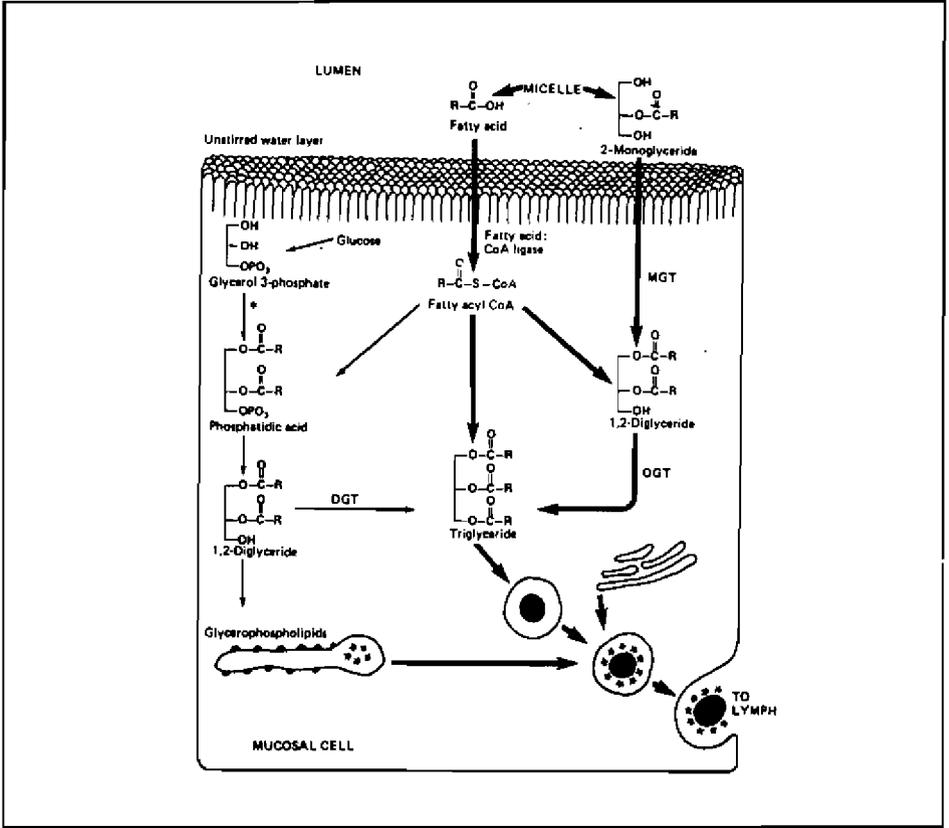
عندما يكون تركيز الصوديوم داخل الخلايا أقل من الخارج فيمر الصوديوم إلى الداخل نتيجة الفرق فى التركيز، ويتحرك الجلوكوز مع الصوديوم وينتشر فى الخلايا، ويمتص ١٠ جرام / ساعة من الجلوكوز من جدار الأمعاء الدقيقة. وعند حدوث خلل فى امتصاص صوديوم / جلوكوز مع بعضهما ينتج جلوكوز / جلاكتوز؛ مما يسبب اسهالاً شديداً. وكما أن الصوديوم مهم فى الانتشار النشط للجلوكوز والاحماض الأمينية، فإن وجود الجلوكوز فى تجويف الأمعاء الدقيقة يسهل من إعادة امتصاص الصوديوم. وهذه العملية تساعد فى علاج فقد الماء والصوديوم، عن طريق الاسهال بواسطة إعطاء محلول يحتوى على الجلوكوز وكلوريد الصوديوم، وقد وجد أيضاً أن الحبوب التى تحتوى على كربوهيدرات تساعد أيضاً فى علاج الإسهال.



**Mechanism for glucose transport across intestinal epithelium.** Glucose transport into the intestinal cell is coupled to  $\text{Na}^+$  transport, Utilizing a common carrier protein.  $\text{Na}^+$  is then actively transported out of the cell, and glucose enters the interstitium by facilitated diffusion (FD) via GLUT 2. From there, it diffuses into the blood.

### ٣ - امتصاص الدهون :

يحدث تكسير للدهون ثلاثية الجليسرول، وتتحول إلى حبيبات من الدهون، وتحدث لها عملية تصبن عن طريق أملاح المرارة وتتكون الأحماض الدهنية. والدهون المتصينة يحدث لها امتصاص بينما الدهون أحادية وثنائية الجليسرول المتكونة يحدث لها تحلل عن طريق انزيم الليباز، وتمر من خلال الغشاء المبطن للأمعاء الدقيقة، وتدخل في تكوين الدهون المفسفرة.



**Lipid absorption.** Triglycerides are formed in the mucosal cells from monoglycerides and fatty acids. Some of the glycerides also come from glucose via phosphatidic acid. The triglycerides are then converted to chylomicrons and released by exocytosis. From the extracellular space, they enter the lymph. Heavy arrows indicate major pathways. \* reaction inhibited by monoglyceride; MGT, monoacylglycerol acyltransferase; DGT, diacylglycerol acyltransferase.

**In: Disturbances in Lipid and Lipoprotein Metabolism.** Dietschy JM, Gotto AM Jr, Ontko JA (editors). American Physiological Society, 1978).

٤ - امتصاص الماء والأملاح المعدنية:

أ - امتصاص الماء:

الماء: يصل إلى القناة الهضمية يوميا حوالي ٢٠٠٠ مللى من السوائل بجانب ٧٠٠٠ مللى من الإفرازات من الأجزاء المخاطية من القناة الهضمية. ويحدث لحوالى ٩٨٪ من هذه الكمية إعادة امتصاص، ويفقد فقط ٢٠٠ مللى فى اليوم، ويسير الماء فى كلا الاتجاهين عبر جدار الأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة لتنظيم الضغط الأسموزى.

هذا... ومن ناحية أخرى فإن مرور الصوديوم داخل أو خارج الخلايا يعتمد على الفرق الأسموزي، ومن الممكن أن تمتص عن طريق الانتشار النشط كما يحدث في الأمعاء الدقيقة؛ لأنه مهم لتسهيل مرور الجلوكوز والأحماض الأمينية، و سهل وجود الجلوكوز من إعادة امتصاص الصوديوم.

ب - امتصاص الأملاح المعدنية :

\* الكلور Chlor :

يفرز الكلور إلى تجويف الأمعاء الدقيقة عن طريق الفتحات الخاصة به cl - channels التي تنشط عن طريق الأدينيلات أحادي الفوسفات الدائري (Cyclic AMP) CAMP وتسبب بعض البكتيريا السامة تجمع AMP؛ مما يزيد إفراز أيون الكلور من غدد الأمعاء، وذلك يهبط من وظيفة الغشاء المخاطي لمرور الصوديوم، وبذلك يقل امتصاص كلوريد الصوديوم؛ مما يؤدي إلى زيادة الأليكتروليت والماء في الأمعاء مما يسبب الإسهال.

\* محلول كبريتات الماغنسيوم Mg sulfate :

يمتص بصعوبة ويساعد على اتزان الضغط الأسموزي بالأمعاء، وهو يعتبر مليئاً للأمعاء.

\* البوتاسيوم :

يحدث امتصاص للبوتاسيوم potassium من خلال الغشاء المخاطي المبطن للقناة الهضمية بالانتشار، ويمكن أن يحدث عن طريق فتحات خاصة به (K<sup>+</sup> - channels) في القولون. وعند زيادة كمية البوتاسيوم في الطعام يزيد إفراز هرمون الالدوستيرون.

\* الكالسيوم Calcium :

يمتص حوالي ٣٠ إلى ٨٠٪ من الكالسيوم المأخوذ، ويحدث هذا في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة عن طريق الانتقال البسيط أو الانتقال النشط عن طريق دايهيدروكس كالسيفيرول dihydroxycalciferol، وهذا المركب ناتج من أبيض فيتامين د في الكلية. ومعدل زيادة هذا المركب مرتبطة بنقص محتوى البلازما من الكالسيوم؛ مما يزيد من

امتصاص الكالسيوم، ويقل عند زيادة الكالسيوم في الدم. ويساعد وجود البروتين والفوسفات في عملية الامتصاص، هذا وثبت أن وجود الأوكسالات يقلل من عملية الامتصاص؛ لأنها تكون أملاحاً غير ذائبة مع الكالسيوم.

#### \* الحديد Iron :

يفقد الجسم كمية قليلة نسبياً من الحديد والكمية التي تخزن مرتبطة بالكمية الممتصة من الأمعاء. ويفقد الرجل حوالي ٠.٦ مج/اليوم، وتفقد النساء حوالي ضعف هذه الكمية. وتتراوح الكمية الممتصة من الحديد من ٣ إلى ٦٪ من الكمية المأخوذة. هذا ويمتص الحديد في صورة ثنائية التكافؤ (الحديدوز  $Fe^{2+}$ ). والصورة التي يوجد بها الحديد في الطعام صورة ثلاثية التكافؤ ( $Fe^{3+}$  الحديديك)، ولا يحدث امتصاص للحديد في المعدة، ولكن العصير المعدى يساعد على إذابة الحديد؛ ليكون مركباً قابلاً للذوبان، ويتحد مع حامض الاسكربيك (Ascorbic acid)؛ فتحدث له عملية اختزال، ويتحول إلى أيوم الحديدوز.

وتوجد بعض المركبات في المواد الغذائية، التي تؤثر في امتصاص الحديد مثل الفوسفات والأوكسالات، وبعض المواد التي توجد في الحبوب (Phytic acid) والتي تتفاعل مع الحديد، وتكون في الأمعاء الدقيقة مركباً غير قابل للذوبان.

#### ٥ - امتصاص الفيتامينات :

تمتص الفيتامينات التي تذوب في الماء مثل فيتامين ج ومجموعة فيتامين ب بسرعة كبيرة؛ ولكن امتصاص الفيتامينات التي تذوب في مذيبات الدهون (A - ١ و D - ٥ و K - هـ و E) يقل إذا حدث نقص في امتصاص الدهون بسبب نقص إنزيمات العصارة البنكرياسية أو إفراز المرارة. وتمتص معظم الفيتامينات في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة، ولكن فيتامين ب ١٢ يمتص في اللفائفي، وذلك باتحاده مع مركب بروتيني يفرز من المعدة (intrinsic factor)، ويكون مركباً يمتص عن طريق الجزء المخاطي لللفائفي.

## بعض الظواهر المتعلقة بالجهاز الهضمى

أولاً: الإحساس بالجوع والعطش:

أ - الإحساس بالجوع (Hunger):

إن الإحساس بالجوع والعطش إحساس غير مستحب فى منطقة المعدة، وإن أى فراغ فى جزء صغير منها يسبب ألماً، ويصاحبه غالباً غثيان. وهذا الإحساس يحدث دورياً كل ٦٠ إلى ٩٠ دقيقة، ويستمر لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة. ويظهر عادة عندما تكون المعدة فارغة ما عدا حالات الجوع المرضى، الذى يكون مصحوباً باضطراب فى جزء من المخ، وهذه الحالة تعرف باسم الشره المرضى.

والإحساس بالجوع مرتبط بمنطقة توجد فى الجهاز العصبى المركزى، تحتوى على مركز الطعام (food centre)، وخلايا هذا المركز توجد فى منطقة القشرة المخية - cerebral cortex وفى النواة تحت القشرة subcortical nuclei وفى الهيبوثلامس hypothalamus، وهذه المراكز تتحكم فى تناول الطعام والسلوك ونشاط القناة الهضمية؛ فمثلاً: تؤدى إثارة بعض هذه المراكز التى توجد فى منطقة الهيبوثلامس إلى طلب الطعام وإثارة مراكز أخرى تؤدى إلى رفض الطعام. وهذه المراكز تثار أو تهبط عن طريق المؤثرات، التى تصل إليها عن طريق المستقبلات الطرفية التى توجد فى القناة الهضمية، وعن طريق الهرمونات التى توجد فى الدم. وهناك نظريتان لشرح العملية الفسيولوجية للجوع:

- \* إن الإحساس بالجوع غير مرتبط بالأعصاب، ولكن يحدث عن طريق التغيير فى المكونات التى توجد فى الدم وفى الأعضاء المختلفة من الجسم، ومنها الجهاز العصبى المركزى. ويتوقف هذا الإحساس عندما يحدث أيض للمواد الغذائية فى هذه الخلايا؛ فمثلاً يتوقف هذا الإحساس، عند دفع الجلوكوز للدم، وهذا يؤكد ويؤيد هذه النظرية.
- \* يعتبر الجوع شعوراً موضعياً تصل ومضاته إلى المخ عن طريق المستقبلات، التى توجد

في القناة الهضمية، وأن النشاط الدورى للقناة الهضمية هو المسئول عن الإحساس بالجوع.

وفيما يتعلق بالنشاط الدورى للأعضاء التى تقوم بعملية الهضم (المهضمة) وعلاقتها بالجوع، فقد ثبت أن معظم الأعضاء التى تقوم بالهضم وخاصة المعدة والأمعاء تكون فى حالة نشاط، ليس فقط بعد تناول الطعام، ولكن أيضاً بين فترات الهضم ويحدث النشاط الدورى للحركة والإفراز فى أعضاء كثيرة، حتى عندما تكون المعدة فارغة. وقد وجد فى حيوانات التجارب أن زمن الانقباض الذى يحدث فى المعدة الفارغة، يحدث كل ٩٠ دقيقة ويستمر لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة، ويليه فترة من السكون (Latent period)، وهذه الحركة من المعدة والأثنى عشر والأمعاء الدقيقة تكون مصحوبة بالإفراز البنكرياسى والمعوى وهذا النشاط من الحركة والإفراز متلازمين ومصاحبين ببعض التغيرات، التى تحدث فى الجسم مثل التغير فى التنفس والدورة الدموية وإثارة الجهاز العصبى المركزى.

إن هذا التغير الذى يحدث فى حيوانات التجارب يحدث أيضاً فى الإنسان، وتسمى انقباضات الجوع. والعوامل التى تمنع هذه الحركة تمنع أيضاً الإحساس بالجوع مثل التمارين العضلية العنيفة والإضراب عن الطعام لمدة طويلة، وهذا يوضح أن الصيام لعدة أيام يمنع الإحساس بالجوع (ماعدا ٣ أو ٤ أيام الأولى فقط).

خلاصة لذلك، فقد وجد من الأبحاث الفسيولوجية أن التغيرات التى تحدث فى مكونات وخواص الوسط الداخلى تؤثر على الهيبوثلامس (من الأجزاء الحساسة لآى تغير كيميائى فى الجسم).

وبهذا تعطى النشاط الدورى لأعضاء الهضم، وهذا النشاط يعطى ومضات عصبية من المستقبلات، التى توجد فى المعدة والأمعاء الدقيقة إلى الأجزاء الخاصة، التى توجد فى الجهاز العصبى المركزى فيسبب الإحساس بالجوع.

#### ب - الإحساس بالعطش (Thirst):

يحدث هذا الإحساس نتيجة لنقص كمية الماء فى الجسم وتناول كميات الكبيرة من

الأملح أو فقد كمية من الماء (عن طريق العرق أو الإسهال)، ورد الفعل الفسيولوجي مع العطش هو تناول الماء، ويقف هذا الإحساس، عندما يحدث اتزان مائي واتزان اليكتروليتي في الأعضاء. ويحدث الإحساس بالعطش نتيجة التأثير على مستقبلات خاصة (osmoreceptors) حساسة للارتفاع في الضغط الأسموزي (نتيجة النقص في كمية الماء) للأعضاء الداخلية، وتوجد في منطقة الهيبوثلامس.

وقد وجد أن جفاف الفم والحلق مرتبط بظاهرة العطش، وأن بلبل الفم بالماء يمنع الإحساس بالعطش، ولكن ليس بصورة كاملة. ويقف الشعور تماماً عند حقن محلول ذات تركيز منخفض إلى الدم، أو دخول الماء إلى القناة الهضمية. ويرتبط الشعور بالعطش بانخفاض إفراز كمية اللعاب؛ مما يؤدي إلى جفاف الفم، وعندما تفقد الأنسجة الماء يقل إفراز كمية اللعاب ويبدأ الشعور بالعطش عندما تنخفض نسبة الافراز إلى حوالي ٢٠٪ وتصبح غير محتملة عندما تصل إلى ٥٠٪.

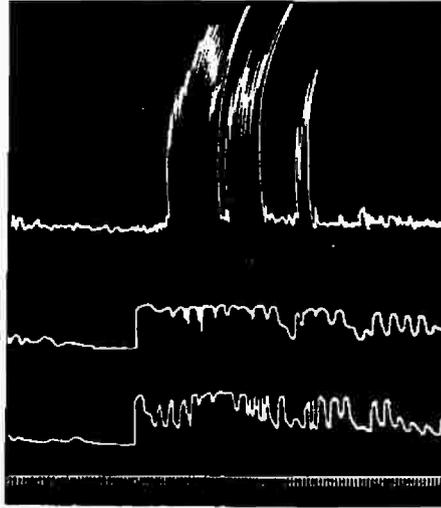
مما سبق.. فإن الشعور بالعطش هو نتيجة نقص كمية الماء في الأنسجة، وأن تناول الماء يبقى الحالة الداخلية لهذه الأنسجة متزنة، وعندما يشعر الفرد بالعطش نتيجة لجفاف الفم والحلق.. فإن الومضات العصبية التي ترسلها المستقبلات تلعب دوراً مهماً في ذلك؛ حيث إن الخلايا العصبية الخاصة بمستقبلات الضغط الأسموزي Osmorecep-tors تقع في الهيبوثلامس، والتي تحتوى على مراكز اتزان الماء، وأن إثارة هذه المراكز تؤدي إلى انخفاض في كمية الماء، التي تفقد عن طريق الأعضاء وانخفاض من افراز اللعاب، وهذا سبب الإحساس بجفاف الحلق.

وتوجد في المخ مراكز تناول الماء مثل مراكز تناول الطعام، كما ان الشعور بالعطش يتحكم فيه هذا المركز، الذي يقع في منطقة القشرة المخية ومنطقة تحت القشرة المخية، ويوجد في الهيبوثلامس المركز الذي يتحكم في اتزان الماء (water balance).

### ثانياً : الغثيان Vomiting :

الغثيان هو عملية رد فعل عكسية (reflex) تحدث في القناة الهضمية؛ نتيجة تأثير بعض المواد، مثل الأيومورفين، والتأثير على بعض النهايات العصبية الحسية. ويحدث

عن طريق التأثير على الأعضاء المختلفة مثل اللسان والبلعوم والغشاء المخاطى المبطن للمعدة والأمعاء الدقيقة، وعلى التجويف البطنى والرحم، وأيضاً عن طريق حاستى الشم والتذوق (تسبب الاشمئزاز)، ويبدأ الغثيان بانقباض عضلات الامعاء الدقيقة، وهذا يؤدي إلى إرجاع محتوياتها إلى المعدة. وتبدأ فى خلال ١٠-٢٠ ثانية عضلات المعدة فى الانقباض والانفتاح، ثم تحدث انقباضات عنيفة فى العضلات البطنية والحجاب الحاجز، وبهذا تطرده المعدة محتوياتها إلى المرئ ثم إلى الفم أثناء الزفير، ويؤدي انقباض العضلات إلى ارتفاع لسان المزمار إلى اعلى؛ فيمنع دخول الطعام إلى الانف، ويهبط لسان المزمار إلى أسفل ويفتح الفم. هذا والجدير بالذكر أن الاعصاب الواردة هي المسئولة عن هذه العملية؛ فتقوم بتوصيل المؤثرات إلى مراكز الغثيان فى النخاع المستطيل، ثم تقوم الأعصاب الصادرة (العصب الحائر والعصب الذى يغذى الاحشاء) بإثارة العضلات البطنية والحجاب الحاجز.



**Tracings of vomiting movements (after E. Babsky)**  
 The upper tracings record gastric movements, the second tracings from the top, duodenal movements, the third tracings, the movements of the small intestine, the bottom line is the time-interval marker

## الوظائف الرئيسية للكبد

يعتبر الكبد أهم عضو فسيولوجي في جسم الفقاريات، ومن أهم وظائفه ما يأتي:

١ - يعمل الكبد على بقاء نسبة سكر الجلوكوز في الدم ثابتة. وتختلف هذه النسبة باختلاف الفقاريات؛ فيتراوح تركيز الجلوكوز في دم الإنسان بين ٨٠ - ١٢٠ ملليجرام في ١٠٠ سم من الدم. وإذا نقصت كمية الجلوكوز في الدم عن ذلك، فإن جليكوجين الكبد يتحلل إلى جلوكوز، يدفع في الدم لإعادة نسبة الجلوكوز إلى الحالة الطبيعية. ويتكون جليكوجين الكبد أساساً من بعض الأحماض الأمينية (بعد إزالة الأمونيا منها) مثل حامض الجلوتاميك Glutamic، والسيستين Cystine، والالانين Alanine، والبرولين proline، والسيرين Serine، وحامض الاسبرتيك Aspartic، كما يتكون من جليسرين الدهون، ومن حامض اللاكتيك lactic acid، والبيروفيك pyruvic اللذان يتكونان في العضلات نتيجة لعملية تحلل جليكوجين العضلات، ومن الفركتوز والجالكتوز الممتصين من الأمعاء. أما الجلوكوز الذي ينتج من هضم كربوهيدرات الطعام، فإنه يسير من جدار الأمعاء إلى الدم ماراً بالكبد، ومنه إلى بقية أجزاء الجسم فتأخذ منه الأنسجة حاجتها لعمليات التأكسد، ويتحول ما زاد عن ذلك في العضلات إلى جليكوجين يترسب بها، وإذا زادت كمية الجلوكوز كثيراً فإنه يتحول إلى دهون تحتزن تحت الجلد، وحول الأحشاء وبين الخلايا.

ولذلك تزيد كمية الجليكوجين في العضلات بعد تناول طعام غني بالكربوهيدرات، وأما الزيادة في كمية الجليكوجين في الكبد التي تلاحظ بعد تناول طعام غني بالكربوهيدرات، فإنها لا ترجع إلى تحول جلوكوز الطعام إلى جليكوجين في الكبد، بل ترجع إلى احتفاظ الكبد بما يتكون فيه من الجليكوجين؛ إذ إن الدم أثناء عملية امتصاص الغذاء يكون غنياً بالجلوكوز، فهو ليس في حاجة إلى تحلل جليكوجين الكبد إلى جلوكوز، كما يحدث بعد انتهاء عملية الامتصاص، ويحوى كبد الإنسان الصحيح

١٠٠ جرام جليكوجين، في حين أن عضلاته تحوى ٢٥٠ - ٣٥٠ جرام جليكوجين.

ويتم تحول جليكوجين الكبد والعضلات إلى جلوكوز بعملية الفسفرة Phosphorolysis، التي تشبه عملية التحلل المائي hydrolysis، ولكن بدلاً من إضافة الماء يضاف حامض الفسفوريك. ويتم ذلك بواسطة إنزيم الفسفوريليز phosphorylase في وجود ثلاثي فوسفات الأدينوسين adenosine triphosphate كمصدر للفسفور.

وينشط هرمون الأدرينالين هذا التحول بالعمل على زيادة تركيز الإنزيم.

٢ - للكبد أهمية كبيرة في هضم وأيض المواد الدهنية، وقد سبق أن تكلمنا عن أهمية الصفراء في هضم المواد الدهنية، وأن أكسدة الأحماض الدهنية تحدث في الكبد بما يعرف بالتأكسد البائي B-oxidation.

وينتج من هذا التأكسد حامض الأسيتواسيتيك وحامض البيوتيريك بائى الهيدروكسيد والأسيتون، وهو من النواتج الطبيعية لأكسدة الأحماض الدهنية في الكبد، وتنتقل هذه المواد من الكبد إلى العضلات والكلية؛ حيث يتم تأكسدها إلى ثانى أكسيد الكربون وماء. وفي حالة مرضى السكر diabetes mellitus يعتمد الجسم اعتماداً كبيراً على تأكسد الدهون؛ فتتكون هذه المواد بكميات كبيرة، لاتستطيع أنسجة العضلات والكلية أكسدها جميعاً، فتظهر في الدم والبول.

٣ - يتم في الكبد أيض الأحماض الأمينية بنزع الأمونيا منها deamination، كما يتم بالكبد تحويل الأمونيا إلى مواد إخراجية كالبولينا في حالة الثدييات.

وأغلب الأمونيا المتكونة تتحول في الكبد أيضاً إلى مواد إخراجية أزوتية، وجزء صغير منها يتحد بحامض الجلوتاميك glutamic acid؛ ليكون جلوتامين glutamine، ويعمل الجلوتامين كمخزن للأمونيا، يرجع إليه الجسم عند حاجته إليها، مثل تكوين الأحماض الأمينية غير الأساسية.

٤ - يتم في الكبد تكوين بعض البروتينات اللازمة للجسم، فمثلاً يتكون بها

الفيبرينوجين fibrinogen، والبروثرومبين prothrombin اللازمين لتكوين الجلطة الدموية. كما يتكون بها البيومينات البلازمية، وهذه البروتينات بعد تكوينها في الكبد تنتقل إلى بلازما الدم.

٥ - تتحول في الكبد بعض المواد السامة بالجسم إلى مواد غير سامة detoxication تفرز في البول؛ فمثلاً تعمل بكتريا الأمعاء الغليظة على تحويل بعض الأحماض الأمينية إلى مواد سامة.

التيروسين Tyrosine ← كريزول Cresol ← فينول phenol

التريبتوفين tryptophane ←  
بكتريا الامعاء  
الغليظة  
انداوكسيل indoxyl

فالفينول والانداوكسيل مواد سامة جدا للجسم، فعندما يحملها الدم من الامعاء إلى الكبد، فإن هذه المواد إما أن تتحد بحامض الكبريتيك الذي يوجد في الكبد لتكون ما يعرف بالكبريتات الطيارة ethereal sulphate، أو تتحد بحامض الجلوكورنيك لتكون في حالة الفينول مثلاً فينول الجلوكورنيك phenylglucuronide، وهذه مواد غير سامة يحملها الدم من الكبد إلى الكليتين حيث تفرز في البول.

وكذلك تتأكسد بالكبد بعض المواد السامة كالسنييدات إذا كانت بكميات قليلة، وتتحول إلى ثيوسانيت thiocyanate، وتفرز هذه في البول أو في اللعاب.

وكذلك تعمل بعض الأحماض الأمينية على تعادل السموم في الكبد؛ فمثلاً الحمض الأميني جليسين glycine يتحد بحامض البنزويك benzoic السام، الذي يمتص من الامعاء من بعض الاغذية الخضراء، أو الذي يتكون في الجسم من عمليات التحول الغذائي ليكون حامض الهيپوريك الذي يفرز في البول.

جليسين + حامض بنزويك ← حامض هيپوريك

وتحدث عملية التعادل هذه كاملة في الكبد السليم. وتستعمل هذه الحقيقة لاختبار

صحة الكبد بأن يحقن فى الوريد كمية معينة من حامض البنزويك، ثم تقدر كمية حامض الهيپوريك فى البول؛ ففى الكبد الصحيح تكون كمية حامض الهيپوريك المتكونة معادلة لكمية حامض البنزويك التى حقنت بالجسم.

٦ - يتخلق فى الكبد الأحماض الامينية غير الاساسية؛ أى التى لايتحتم توفرها فى الغذاء البروتينى - كما يتم بالكبد تحول بعض الأحماض الامينية إلى بيورين (purine) وبيريميدين (pyrimidine) وفوسفات الكرياتين (Creatine phosphate).

٧ - يعمل الكبد كمخزن للفيتامينات وخصوصا فيتامين أ، د، ويحوى الكبد فى التغذية الصحيحة أيضاً كميات كبيرة من الريبو فلافين وحامض النيكوتينك وحامض الاسكربيك، والتو كوفيرول. ولذلك فإن امراض الكبد يصحبها عادة أعراض نقص هذه الفيتامينات.

٨ - درجة حرارة الكبد تكون عادة أعلى بقليل من درجة حرارة الجسم؛ ولذلك فإن الكبد يعمل على تنظيم حرارة الجسم.

٩ - يحوى الكبد كمية كبيرة من الحديد، الذى يحتاجه الجسم فى تكوين الهيموجلوبين.

١٠ - يحوى الكبد حوالى ٢٠٪ من كمية الدم بالجسم؛ ولذلك قد يعمل الكبد كمخزن للدم.

## الأيض الغذائي وميزان الطاقة

### Metabolism and Energy Balance

تعنى كلمة الأيض الغذائي التغيير الكيميائي للمواد الغذائية، وانتقال الطاقة الذي يحدث بالجسم. يحدث تأكسد للمواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون، وينتج ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة اللازمة للنشاط الحيوي بالجسم، وتنتج الطاقة أيضاً عند حرق المواد الغذائية خارج الجسم، والعملية هذه ليست بالعملية السهلة، ولا تكون في خطوة واحدة، ولكنها عملية معقدة تتم على مراحل متعددة وببطء، وتسمى هدم Catabolism، والطاقة المنطلقة تخزن على هيئة مركبات فوسفورية. وتكوين المواد الكربوهيدراتية والبروتينية والدهنية من المواد الأولية لها تمر بعملية، تسمى بناء anabolism وتستخدم فيها الطاقة المخزنة.

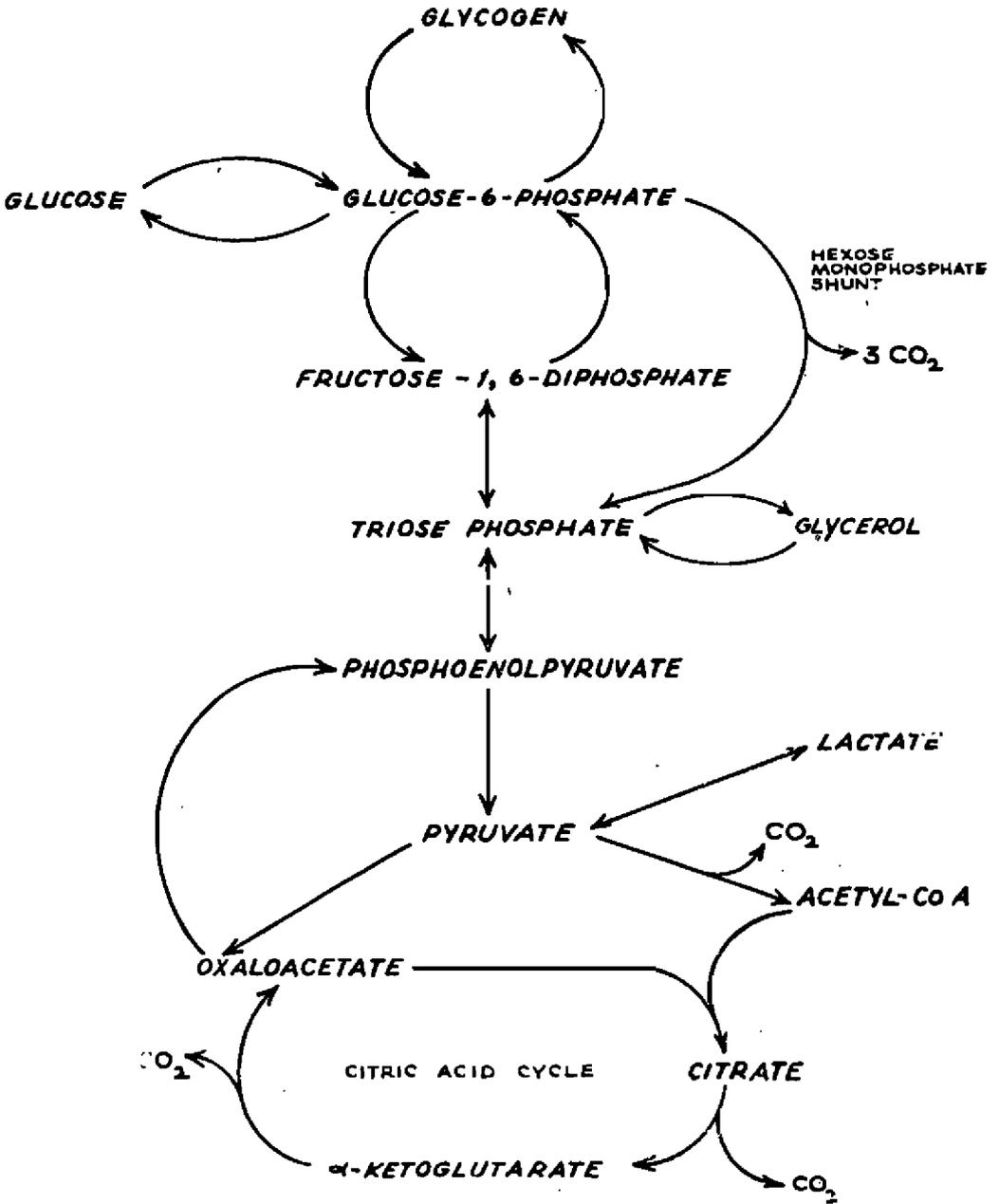
**اتزان الطاقة:** هو عدم تولد طاقة ولا استهلاك طاقة أو بمعنى آخر وجود اتزان بين السعرات الحرارية المنتجة والمستهلكة. وإذا كان محتوى الطاقة في الغذاء المتناول أقل من الطاقة المستهلكة يكون اتزان الطاقة سالباً، وتستخدم الطاقة المخزونة فيحدث هدم للجليكوجين والبروتين والدهون، وبذلك يفقد الفرد جزءاً من وزنه، وإذا كانت كمية الطاقة في الغذاء المتناول أكبر من الطاقة المفقودة على هيئة حرارة أو عمل يقوم به الفرد، وبالتالي فإنها تخزن ويكتسب الفرد وزناً زائداً، وهذا مايسبب السمنة بالجسم.

### أولاً: أيض المواد الكربوهيدراتية Carbohydrate Metabolism :

الكربوهيدرات عبارة عن جزيئات من السكر السداسي مثل الجلوكوز والجلالاكتوز والفركتوز، والناجح الأساسي من هضم الكربوهيدرات والذي يمر إلى الدم هو الجلوكوز. وعند دخول الجلوكوز إلى الخلايا تحدث له عملية فسفرة (phosphorylase).

ويتحول إلى جلو كوز ٦- فوسفات، والإنزيم الذى يسهل من هذه العملية هو هكسوكينيز (hexokinase)، ويوجد انزيم آخر فى الكبد يعرف باسم جلو كوكينيز (glucokinase) وتزيد كميته فى وجود الأنسولين، ويقل فى حالة الصيام ومرض السكر. ويتحول الجلو كوز ٦- فوسفات إلى جليكوجين عن طريق البناء أو إلى صورة أبسط عن طريق الهدم، والعملية التى يتكون فيها الجليكوجين تسمى glycogenesis، (وهى الصورة المخزنة للجلو كوز؛ وخاصة فى الكبد والعضلات الهيكلية) والعملية التى يتكسر فيها الجليكوجين تسمى glycogenolysis.

وتحويل الجلو كوز (هدم) إلى بيروقات أو لاكتات تسمى glycolysis، ثم يتحول البيروقات إلى استيل مرافق الإنزيم أ (Acetyl CoA) وهو يعتبر مركباً وسطاً بين الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، ومن ذلك نجد إنه يمكن تحويل الجلو كوز إلى دهون عن طريق هذا المركب، ولا يتم تحويل الدهون إلى جلو كوز؛ لأنها عملية غير عكسية.

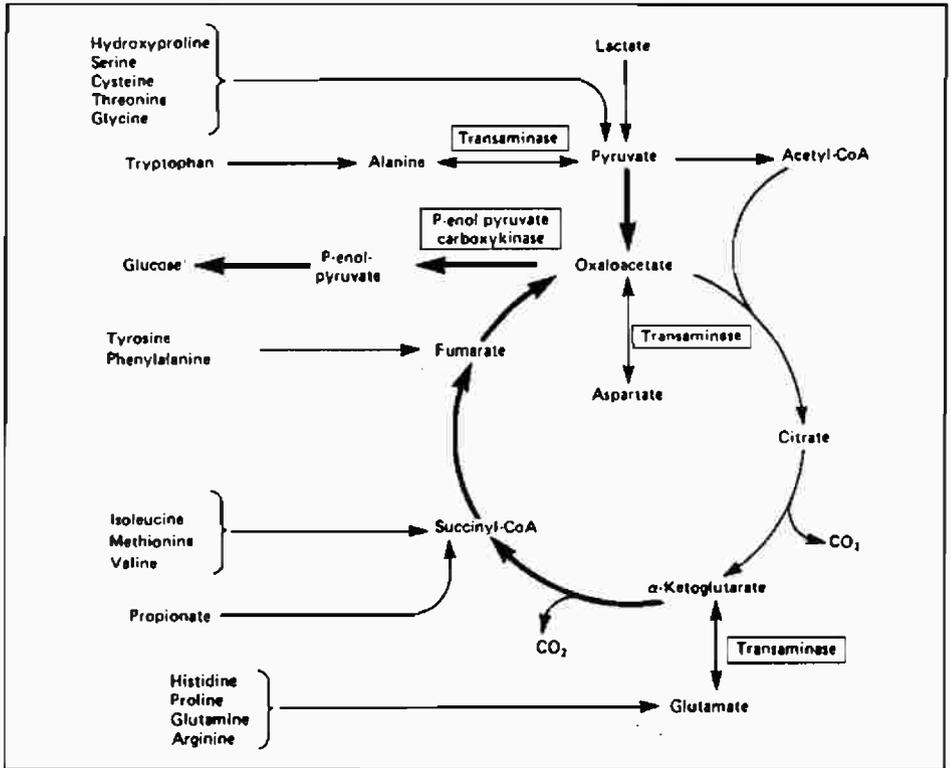


Major pathways of carbohydrate metabolism

دورة كريس أو الحمض ثلاثي الكربوكسيل أو دورة حمض السيترك

: Krebs cycle, tricarboxylic acid cycle or citric acid cycle

يحدث في هذه الدورة عدة مراحل من التفاعلات، التي عن طريقها يتحد الاستيل مرافق الإنزيم أ (يحتوي على ذرتين كربون) مع الأوكسالوأسيتات، والذي يحتوى على ٤ ذرات كربون، ويتكون السيترات. وفي ٧ مراحل متتالية تنفصل مجموعتان من ثانى أكسيد الكربون، ويعاد تكون الأوكسالوأسيتات مرة أخرى. ويتم انتقال ٤ أزواج من ذرة الهيدروجين إلى السيتركروم، وينتج ١٢ جزيئاً من أدينوسين ثلاثى الفوسفات، و٤ جزيئات ماء (يستخدم منها جزئيان فى الدورة). وتعتبر هذه الدورة الرئيسية لأكسدة الكربوهيدرات والدهون وبعض الأحماض الأمينية. وتدخل الكربوهيدرات والدهون عن طريق الاستيل مرافق الإنزيم أ، ولكن الأحماض الأمينية عن طريق إزالة الأمونيا.

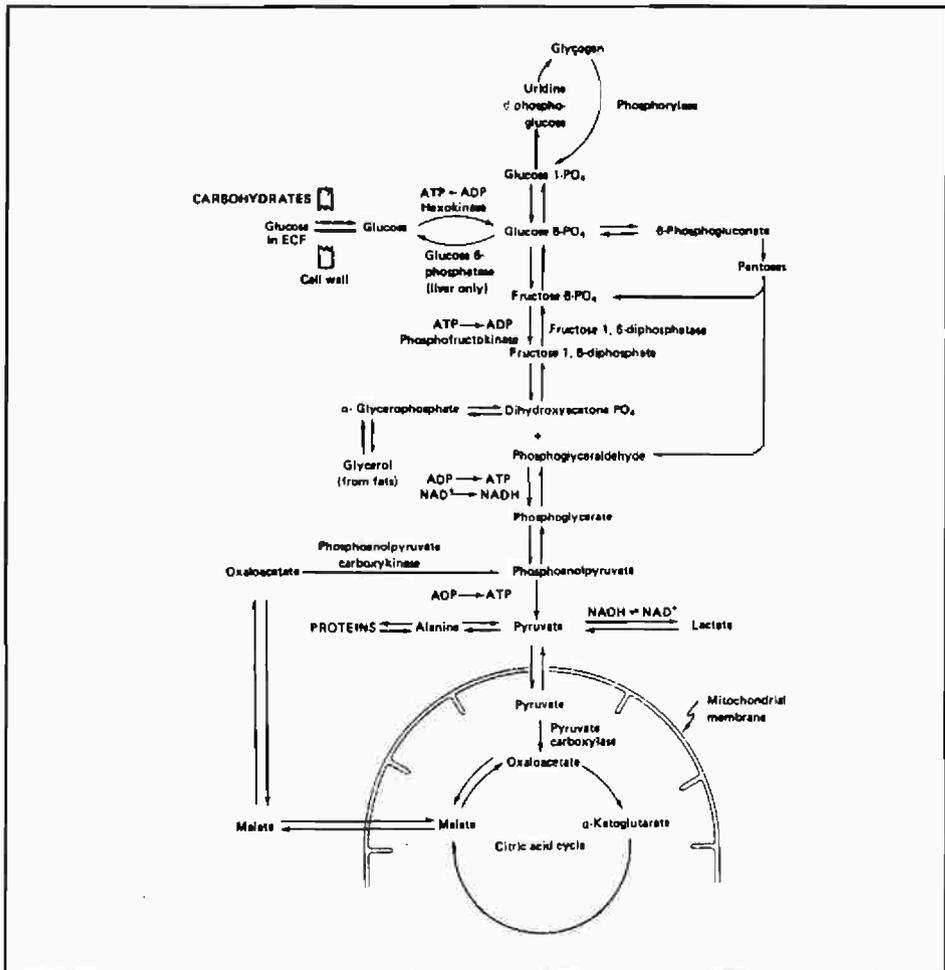


Involvement of the citric acid cycle in transamination and gluconeogenesis. The bold arrows indicate the main pathway of gluconeogenesis. Murray RK et al: Harper's Biochemistry, 23rd ed. Appleton & Lange, 1993.)

والأكسجين مهم جداً في هذه الدورة ولا تحدث في الظروف اللاهوائية وتحدث داخل الميتوكوندريا. هذا ويتم تحويل الجلوكوز إلى بيروقات، تحت الظروف اللاهوائية، وتحدث خارج الميتوكوندريا.

وتحدث المرحلة اللاهوائية على ثلاث خطوات في غياب الأكسجين:

- ١ - تحول الجليكوجين إلى سكر أحادي.
- ٢ - تحول السكر الأحادي إلى جزئين من السكر ثلاثي الكربون.
- ٣ - تحول السكريات ثلاثية الكربون إلى حامض بيروفيك.

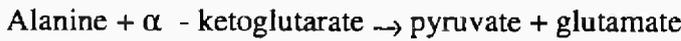


Outline of the metabolism of carbohydrate in cells, showing some of the principal enzymes involved.

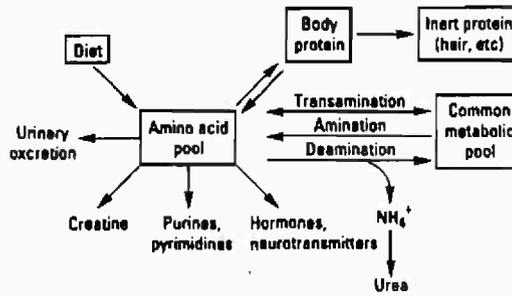
## ثانياً: أيض البروتين Protein metabolism :

البروتين عبارة عن سلسلة من الأحماض الأمينية مرتبطة مع بعضها عن طريق رابطة ببتيدية، تربط بين مجموعة الأمين لحمض مع مجموعة كربوكسيل للحمض الآخر. يحدث للبروتين المتناول عملية هضم، ويمتص على صورة أحماض أمينية. وتحدث عملية تحلل، ثم إعادة بناء بروتين الجسم ذاته، وتتراوح نسبة تكسير البروتين في اليوم حوالي من ٨٠ إلى ١٠٠ جرام / اليوم، وتكون النسبة مرتفعة في الغشاء المخاطي المبطن للأمعاء. وتعتبر الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الهضم مستودعاً يأخذ منه الجسم احتياجه. وفي أثناء النمو فإن الاتزان بين الأحماض الأمينية وبروتين الجسم يتجه إلى تكوين بروتين الجسم؛ أي بمعنى أن التكوين أسرع من الهدم. وتفقد كمية قليلة من البروتين في البول والبراز.

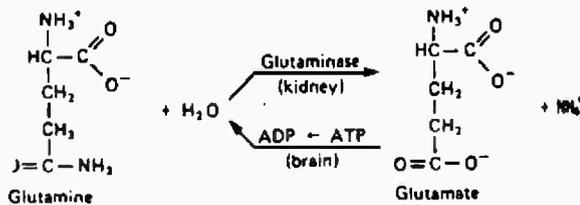
ويحدث تبادل بين الأحماض الأمينية ونواحي هدم الكربوهيدرات والدهون في دورة كريس، وذلك عن طريق إزالة أو انتقال مجموعة الأمين (Transamination)، وينتج من ذلك تحويل حمض كيتونى إلى حمض أمينى، أو تحويل حمض أمينى إلى حمض كيتونى داخل الأنسجة.

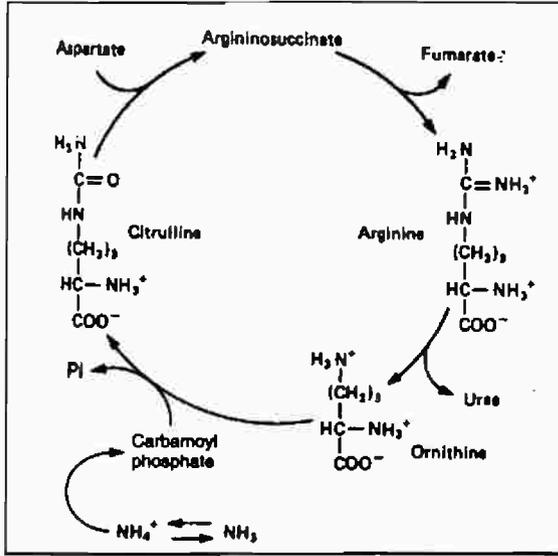


الآلانين + كيتوجلوتاريت ← بيروقات + جلوتامات



Amino acid metabolism





Urea cycle

وتتحول الأمونيا الناتجة من عملية إزالة مجموعة الأمين الى بولينا تخرج مع البول . ومن ناحية أخرى، تتحول الأمونيا إلى كرباميل في الميتوكوندريا، ثم تتحول إلى أرثين ثم سترولين الذي يتحول إلى أرجنين تنفصل منه البولينا، ويعاد تكوين الارثين مرة أخرى .

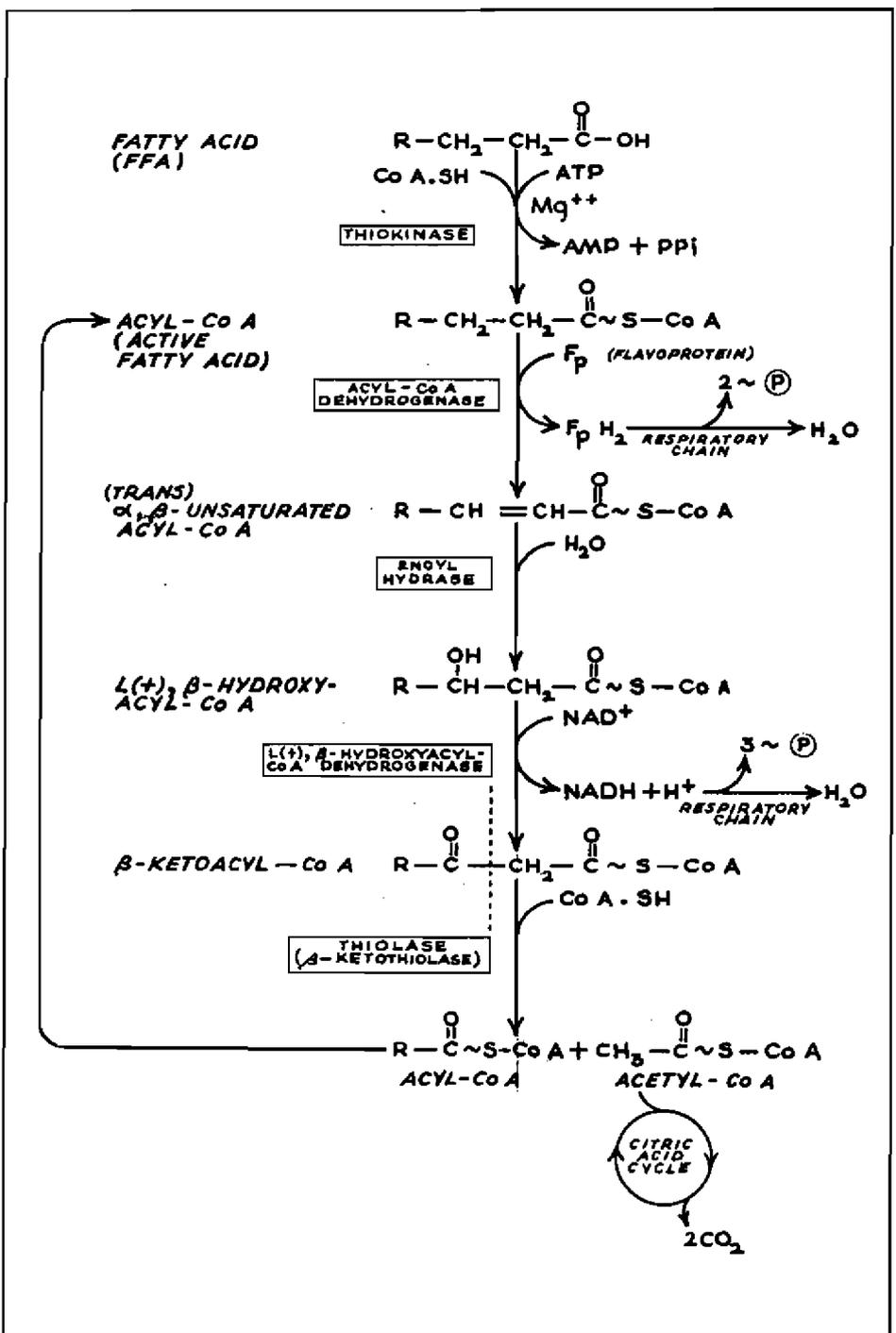
أما حمض البولييك، فإنه يتكون نتيجة تكسير البيورين أو يتكون من الجلوتامين .

### ثالثاً : أيض الدهون Fat metabolism :

من المركبات المهمة للدهون : الأحماض الدهنية والدهون المتعادلة ( ثلاثية الجليسيرات ) والدهون المفسفرة والسيترول . وتدخل الدهون المفسفرة في تركيب غشاء الخلية .

تتكسر الأحماض الدهنية في الجسم، وتتحول الى أسيتل مرافق الإنزيم أ، الذي يدخل بدوره الى دورة كريس . وتحدث عملية التأكسیر في الميتوكوندريا عن طريق الأكسدة البائية B-oxidation .

وعملية الأكسدة عبارة عن خطوات متتالية لإزالة ذرتين كربون من الأحماض الدهنية، والطاقة المتولدة نتيجة لذلك كبيرة .



β - Oxidation of fatty acids

## الأجسام الكيتونية:

فى كثير من الأنسجة تتكثف جزيئات استيل مرافق الإنزيم أ وتكون اسيتواستيل مرافق الإنزيم أ. وهذه المركبات الكيتونية (B-Kito acid) تتحول إلى أسيتون واسيتواسيتات وهيدروكس بيوترات، وهذه تسمى أجساماً كيتونية. وهذه الأجسام الكيتونية يحدث لها أيض بصعوبة فى الكبد؛ ولذلك فإنها تمر الى الجهاز الدورى. وتقوم بعض الأنسجة (غير الكبد) بنقل مجموعة مرافق الإنزيم أ من السكسينيل مرافق الإنزيم أ إلى الاسيتواسيتات، والتي تتحول إلى ثانى أكسيد الكربون وماء عن طريق دورة كريس. وتعتبر الأجسام الكيتونية مصدراً للطاقة فى بعض الاحوال، ويخرج الأسيتون مع البول وفى هواء الزفير. ويعتبر مستوى الأجسام الكيتونية فى الجسم منخفضاً (١ مللجرام / لتر)، ويخرج حوالى ١ مللجرام فى ٢٤ ساعة.

والأجسام الكيتونية المتكونة يحدث لها أيض بسرعة، ولكن إذا قل دخول الاستيل مرافق الإنزيم أ الى دورة كريس بسبب قلة كمية الجلوكوز، فيحدث تجمع للاستيل مرافق الانزيم أ، وتتكون كمية كبيرة من الاسيتواسيتات فى الكبد وتحدث أكسدة سريعة لها وكميتها تزيد فى الدم.

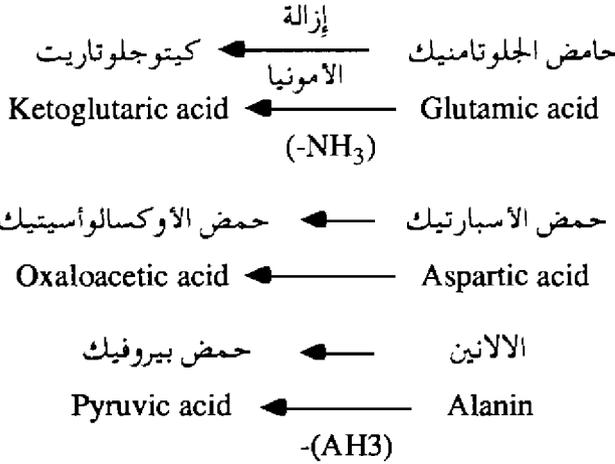
وللحيوان والإنسان المقدرة على تخزين كميات غير محدودة من الدهون، وعند حاجة الجسم الى الدهون تتحول الى فوسفات الدهون، وهى تختلف عن الدهون فى قابليتها للذوبان فى الماء، فتحمل بواسطة الدم الى أجزاء الجسم المختلفة، وخصوصاً إلى الكبد.

وتتحلل الدهون فى الكبد إلى جلسرين وأحماض دهنية، والجلسرين المتكون يتحول الى فوسفات الجلسرين، وهى تشابه فوسفات الجلسرين، التى تتكون فى التحلل اللاهوائى للكربوهيدرات؛ فمن الممكن أن تتحول إلى حامض البيروفيك، الذى يتأكسد بدوره إلى ثانى أكسيد الكربون وماء.

طاحونة الأيض الغذائي Metabolic Mill :

من المعلوم أن دورة كريس Krebs cycle أو الدورة الهوائية من أهم دورات الهدم، التي تحدث في خلايا الجسم، وذلك لإنتاج الطاقة.

على سبيل المثال: عند هضم البروتين فإنه يتحول إلى أحماض أمينية تستخدم لتكوين أنسجة الجسم وبناء البروتين الذي تحتاجه الخلية، والزائد عن الحاجة تحدث له عملية إزالة لمجموعة الأمونيا (NH<sub>3</sub>)



وعند هضم المواد الدهنية فإنها تتحول إلى أحماض دهنية، تتأكسد بواسطة التأكسد البائي B-oxidation لتعطي مجموعة أستيل مرافق الإنزيم A - Actyl Co، تنفصل عن السلسلة الطويلة من الأحماض الدهنية وتدخل دورة كريس.

وعند هضم المواد الكربوهيدراتية فإنها تتحول إلى جلوكوز، الذي يتحول بدوره إلى حمض بيروفيك Pyruvic acid، الذي يدخل دورة كريس؛ ليعطي طاقة، والزيادة من الكربوهيدرات تتحول وتخزن على هيئة جليكوجين، الذي يتحول إلى أحماض دهنية.

## الطاقة وانقباض العضلات

من المعروف أن انقباض العضلات يحتاج الى طاقة، والعضلات هي المكان الذى تتحول فيه الطاقة الكيميائية الى طاقة ميكانيكية. ومصدر الطاقة هو المركبات الفوسفورية التى تنتج نتيجة لأيض المواد الكربوهيدراتية والدهون. ويحدث تميؤ لثلاثى أدينوسين الفوسفات ليعطى طاقة.

يتكون ثلاثى أدينوسين الفوسفات من ثنائى أدينوسين الفوسفات، عن طريق اضافة مجموعة فوسفات، والطاقة اللازمة للبناء تستمد من تكسير الجلوكوز إلى ثانى أكسيد الكربون وماء. ويوجد فى العضلات مركب آخر، يعطى طاقة، ولكن لوقت قصير هو فوسفوكرياتين (phosphocreatine)، والذى يتحول الى كرياتين ومجموعة فوسفات وتنتج طاقة. وفى أوقات الراحة، فإن بعض الأدينوسين ثلاثى فوسفات الموجودة فى الميتوكوندريا تعطى مجموعة الفوسفات الخاصة بها الى الكرياتين، فينتج فوسفوكرياتين. وأثناء النشاط (التمارين) يحدث تميؤ لهذا المركب فى الفجوة بين الأكتين والميوسين، ويتكون ATP ثلاثى أدينوسين الفوسفات من ثنائى أدينوسين الفوسفات ADP، ويحدث انقباض للعضلات يسمح له ان يستمر.

### ١ - الكربوهيدرات والدهون :

أثناء الراحة وأثناء التمارين الخفيفة تستهلك العضلات الدهون فى صورة أحماض دهنية حرة كمصدر للطاقة. وبزيادة كثافة التمارين لا تستطيع الدهون أن تمدّها بالطاقة اللازمة؛ ولهذا تلجأ العضلات إلى استهلاك الكربوهيدرات كمصدر للطاقة (كوقود).

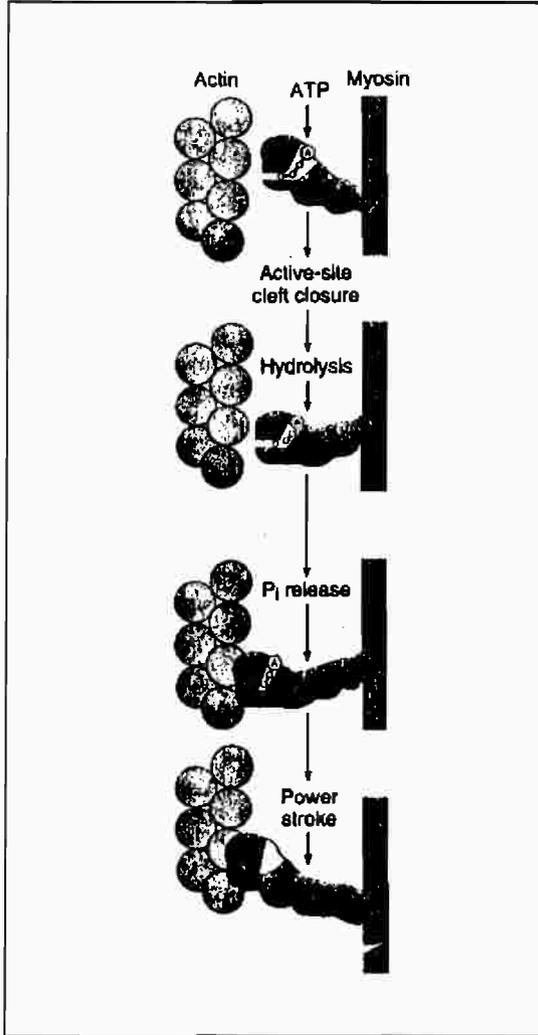
أثناء التمارين .. فإن مصدر الطاقة اللازمة لتكوين فوسفوكرياتين والأدينوسين ثلاثى الفوسفات يكون ناتجاً من تكسير الجلوكوز إلى ثانى أكسيد الكربون والماء. ويحدث تكسير للجلوكوز، عن طريق مروره بعدة عمليات كيميائية داخل الخلايا ويتكون البيروقات. ومن ناحية أخرى يعتبر الحليكوجين المخترن فى الكبد والعضلات مصدراً آخر

للطاقة، وعند وجود الاكسجين بكمية كافية . . فإن البيروفات يدخل دورة كريس، ويتحول إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، وتنطلق كمية كبيرة من الطاقة في صورة ATP. وإذا وجد الاكسجين بكمية قليلة، فإن البيروفات لا يمر الى دورة كريس، وتحدث له عملية اختزال؛ فيتحول الى لاكتات (lactate) وهذه العملية اللاهوائية مرتبطة بانطلاق كمية قليلة من الطاقة في المركبات الفوسفورية.

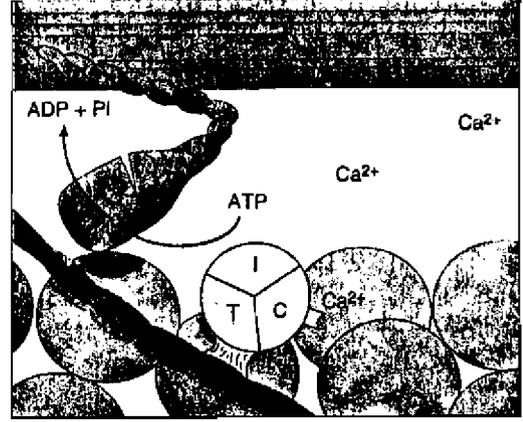
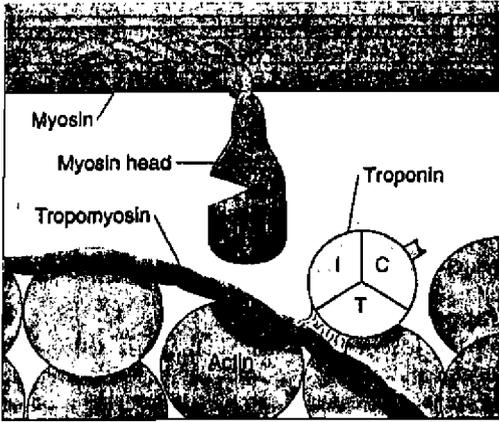
وقد ثبت أنه أثناء التمرينات العضلية، يحدث تمدد للأوعية الدموية الموجودة في العضلات فتمدها بكمية وفيرة من الاكسجين، ويتناسب استهلاك كمية الاكسجين مع الطاقة المستنفذة وهذه العملية هوائية. وعندما تكون التمارين الرياضية عنيفة فإن تكوين الطاقة بالطريقة الهوائية لا يناسب استهلاك الطاقة. وفي هذه الاحوال، فإن الفوسفوكرياتين يستخدم في تكوين الطاقة (ATP)، ويقف تكوين ATP باستخدام الطاقة المنطلقة بالعملية اللاهوائية في تكسير الجلوكوز الى لاكتات. ويمر اللاكتات إلى الدم ويتجمع في العضلات، ويسبب إجهاداً عضلياً. وبعد مرور وقت من الإجهاد، يستهلك كمية من الاكسجين لإزالة اللاكتات وإعادة تكوين ATP والفوسفوكرياتين مرة أخرى.

## ٢ - التيبس (Rigor):

تنتج هذه الحالة نتيجة النقص التام في ATP والفوسفوكرياتين داخل ألياف العضلات؛ فتنشأ حالة من التصلب نتيجة لارتباط الميوسين بالآكتين بقوة.



Diagrammatic representation of the proposed mechanism by which myosin heads produce sliding of actin on myosin. The ATP-binding site in the head is an open cleft. When ATP is bound and hydrolyzed, the cleft closes, distorting the head, and the head binds firmly to actin. The head then overcomes the distortion, creating the power stroke that moves actin on myosin (Modified from Rayment 1 et al: Structure of the actin myosin complex and its implications for muscle contraction. Science 1993; 261 : 58).



Initiation of muscle contraction by  $Ca^{2+}$  When  $Ca^{2+}$  binds to troponin C, tropomyosin is displaced laterally, exposing the binding site for myosin on actin (striped area). Hydrolysis of ATP then changes the conformation of the myosin head and fosters its binding to the exposed site, For simplicity, only one of the 2 heads of the myosin-II molecule is shown..

### الأيض الغذائي وتكوين الطاقة

#### Transformation of Energy and Total Metabolism

إن قوة الأيض الغذائي ومواصفات المادة التي حدث لها تأكسد في الأعضاء يمكن أن تقدر عن طريق كمية الأكسجين المستهلكة والمادة الخارجة من الجسم نتيجة التأكسد أو الهدم (breakdown).

ومثال ذلك : فإن كمية البروتين التي يحدث لها تأكسد، تعرف عن طريق كمية النيتروجين الموجودة في البول.

وكمية الكربوهيدرات والدهون التي تتأكسد تقاس عن طريق كمية ثاني أكسيد الكربون المنطلقة وكمية الأكسجين المأخوذة في الوقت نفسه.

ولتأخذ في الاعتبار أن ثاني أكسيد الكربون لا ينتج فقط من تأكسد الدهون

والكربوهيدرات، ولكن أيضاً من البروتين وتقدر كمية البروتين التي حدث لها تكسير في الأعضاء في ٢٤ ساعة عن طريق كمية النيتروجين المفقودة، وتقدير كمية الكربون الموجودة فيها (يحتوي البروتين على حوالي ٥٢٪ كربون)، وتطرح كمية الكربون الموجودة في البروتين من كمية الكربون الموجودة في البول. ومن السهل أن نقدر كمية كربون البروتين الذي تحول إلى ثاني أكسيد الكربون وكمية الأكسجين التي استخدمت في العملية.

ويطرح كمية الأكسجين في أكسدة البروتين من كمية الأكسجين المستخدمة في العملية كلها، يمكن أن نقدر كمية الأكسجين المستخدمة لأكسدة الدهون والكربوهيدرات في الأعضاء. وهذه تعتمد على أن أكسدة ١ جرام من الكربوهيدرات و ١ جرام من الدهون تستخدم كمية مختلفة من الأكسجين، وتنطلق كمية مختلفة من ثاني أكسيد الكربون.

#### مثال:

نفرض أن فرداً استهلك حوالي ٦٧٢,٨ لتر من الأكسجين في ٢٤ ساعة، وفقد حوالي ٦٢٨,٣ لتر من ثاني أكسيد الكربون في الهواء، ١٣,١ جرام من النيتروجين، و ٧,٦٨ جرام من الكربون في البول خلال وقت التجربة.

١ جرام من النيتروجين يحتوي على ٦,٢٥ جرام من البروتين.

إذاً :  $١٣,١ \times ٦,٢٥ = ٨١,٨$  جرام من البروتين، حدثت لها عملية تكسير.

كمية البروتين التي تحتوي على الكربون =  $\frac{٥٢ \times ٨١,٨}{١٠٠} = ٤٢,٥١١$  جرام من الكربون.

ويطرح كمية الكربون التي حدث لها إخراج في البول من كمية البروتين التي حدث لها تكسير، نحصل على كمية البروتين التي استخدمت لنتج ثاني أكسيد الكربون  $٤٢,٥ - ٧,٦٨ = ٣٤,٨٢$  جرام.

إذاً : كمية الكربون التي تنتج (نسبة الكربون إلى نسبة ثاني أكسيد الكربون)

$$= \frac{34,8 \times 44}{12} = 127,6 \text{ جرام ثاني أكسيد الكربون.}$$

أكسدة 34,8 جرام تحتاج إلى (نسبة وزن الكربون إلى الأكسجين في ثاني أكسيد

$$\text{الكربون}) = \frac{34,8 \times 44}{12} = 90,28 \text{ جرام من الأكسجين.}$$

ولنأخذ في الاعتبار أن 100 جرام من البروتين تحتوي على 3,439 جرام هيدروجين

تحتاج إلى أكسجين من الوسط الخارجي لتعطي ماء.

إذاً: 81,8 جرام من البروتين تحتوي على 2,81 جرام من الهيدروجين، وتحتاج إلى

22,48 جرام من الأكسجين لتعطي ماء.

إذاً 22,48 + 90,28 = 112,76 جرام من الأكسجين يحتاجه البروتين ليتأكسد.

عند درجة حرارة صفر مئوية وضغط جوى 760 مللى متر زئبق، فإن حجم 1 جرام

من ثاني أكسيد الكربون = 0,5087 لتر، وحجم 1 جرام من الأكسجين = 0,699 لتر.

وحجم الأكسجين المستخدم للبروتين = 0,699 × 112,76 = 77,8 لتر.

وبطرح هذه الكمية من المأخوذة والنتيجة في 24 ساعة، نستطيع حساب كمية

الأكسجين المستخدمة لتأكسد الدهون والكربوهيدرات وكمية ثاني أكسيد الكربون

النتيجة.

$$77,8 - 672,28 = 594 \text{ لتراً من الأكسجين}$$

$$628,8 - 64,9 = 563,4 \text{ لتر من ثاني أكسيد الكربون.}$$

وفيما يلي حساب كمية الأكسجين المستهلكة لأكسدة الكربوهيدرات والدهون

وكمية ثاني أكسيد الكربون المتكونة:

كمية الأكسجين المستهلكة لأكسدة الكربوهيدرات تساوى كمية ثاني أكسيد

الكربون المنطلقة.

وأن نسبة ثاني أكسيد الكربون المنطلقة إلى نسبة الأكسجين المستهلكة لأكسدة

الدهون = 0,7.

فى المعادلة التالية نفترض أن :

س : هى كمية الأوكسجين المستهلكة للدهون .

ص : هى كمية ثانى أكسيد الكربون الناتج للدهون .

أ : هى كمية الاكسجين المستهلك للكربوهيدرات تساوى الكمية الناتجة نفسها من ثانى أكسيد الكربون .

$$\text{إذاً : } \text{س} = ٠,٧$$

ص

$$\text{س} + \text{أ} = ٥٩٥$$

$$\text{ص} + \text{أ} = ٥٦٣,٤$$

وبحل المعادلة نجد : ٤٨٩,٦ لتر من الأوكسجين، تستهلك لتأكسد الكربوهيدرات (أ).

١٠٥,٤ لتر من الأوكسجين تستهلك لتأكسد الدهون (س)

وحيث إن تأكسد جرام من الكربوهيدرات يحتاج إلى ٠,٨٣٠ لتر من الأوكسجين وتأكسد ١ جرام من الدهون يحتاج إلى ٢,٠٣٠ من الأوكسجين.

ومن هنا نستطيع حساب كمية الدهون والكربوهيدرات، التى يحدث لها هدم فى ٢٤ ساعة.

$$\text{جرام من الكربوهيدرات} = ٠,٨٣٠ \times ٤٨٩,٦ = ٥٩٠$$

$$\text{جرام من الدهون} = ٢,٠٣٠ \times ١٠٥,٤ = ٥١,٩$$

من ذلك نجد أن عملية الايض الغذائى التى تمت فى ٢٤ ساعة استهلكت ٨١,٨ جرام من البروتين، ٥٩٠ جرام من الكربوهيدرات، ٥١,٩ جرام من الدهون.

وبقياس الايض الغذائى، نستطيع أن نقدر كمية الطاقة فى الجسم، وهذه الطاقة على

صورة حرارة تنطلق نتيجة لهذه العملية، وتقاس بالكيلو سعر (Kilocalories).

الحرارة المنطلقة نتيجة تآكسد ١ جرام من البروتين = ٤,١ كيلو سعر.

الحرارة المنطلقة نتيجة تآكسد ١ جرام من الكربوهيدرات = ٤,١ كيلو سعر.

الحرارة المنطلقة نتيجة تآكسد ١ جرام من الدهون = ٩,٣ كيلو سعر.

### إنتاج الحرارة Heat Production :

تنتج عن عمليات التفكك المصحوبة بإنتاج طاقة مثال تحويل الطاقة الكيميائية إلى حركة.

معظم الطاقة الناتجة تتحول إلى حرارة، ٢٠ - ٢٥٪ تتحول إلى طاقة ميكانيكية.. والصورة النهائية هي إنتاج حرارة إلى الوسط الخارجي.

والطاقة الميكانيكية تنطلق خلال انقباض القلب، ومسئولة عن حركة الدم، ومن الممكن أن تتحول إلى حرارة.

ويمكن قياس كمية الطاقة المنطلقة (liberate energy) عن طريق مباشر (direct) أو غير مباشر (indirect)، ويعبر عنها بوحدة الحرارة سعر أو كيلو سعر (Kilocalories).

أ - القياس المباشر (direct calorimetry) عن طريق جهاز يقدر كمية الطاقة المنطلقة من الجسم، وبحساب الأيض الغذائي يمكن حساب الحرارة الناتجة. ويسمى الجهاز Calorimeter chamber.

ب - القياس غير المباشر هو تبادل الغازات (Gas exchange).

إن مصادر الطاقة في الجسم هي عمليات الأكسدة، والتي يستهلك فيها الأكسجين، وينتج ثاني أكسيد الكربون، وبهذا يمكن حساب الطاقة عن طريق تبادل الغازات، وذلك عن طريق الأكسجين الممتص إلى نسبة ثاني أكسيد الكربون المنطلق، ويستخدم في هذه التجربة جهاز respiration chamber.

ومن الشائع استخدامه استخدام غطاء mask متصل بحقيبة متصلة بالهواء. ومثبت

بها صمام يستطيع الفرد أن يتنفس ويطرد الهواء في الحقيبة .  
ويجمع الهواء المنطلق ويقاس حجمه في الحقيبة بواسطة جهاز للقياس مزود بالحقيبة  
ونقاس نسبة محتواه من الأكسجين إلى ثاني أكسيد الكربون .  
يستخدم الأكسجين الممتص في أكسدة ١ جرام من البروتين والدهون  
والكربوهيدرات، وتختلف كمية الحرارة المنطلقة باختلاف المادة .  
كمية الأكسجين المستهلكة لأكسدة ١ جرام من الكربوهيدرات = ٠,٨٣٠ لتر من  
الأكسجين، وتنطلق حرارة = ٤,١ كيلو سعر حراري، وإذا استهلك ١ لتر من الأكسجين  
ينتج حوالي ٥,٠٥ كيلو سعر .  
يستهلك تاكسد ١ جرام من البروتين حوالي ٠,٩٧٠ لتر من الأكسجين، وتنطلق  
حرارة = ٤,١ كيلو سعر، وبالتالي فإن الأكسجين يستخدم لأكسدة البروتين تنتج حرارة  
= ٤,٤٦ كيلو سعر حراري .  
وإذا استهلك ١ لتر من الأكسجين لأكسدة الدهون، تنتج حرارة = ٤,٧٤ كيلو سعر  
حراري .

الحرارة المنطلقة عند استهلاك لتر من الأكسجين	أكسدة ١ جرام		المادة التي تتأكسد في الجسم
	الأكسجين المستهلك	الحرارة المنطلقة	
٤,٤٦	٠,٩٧٠	٤,١	البروتين
٤,٧٤	٢,٠٣٠	٩,٣	الدهون
٥,٠٥	٠,٨٣٠	٤,١	الكربوهيدرات

\*N.B. : K.J. = 4.1843 K. Cal.

## الماء (Water)

للماء أهمية كبيرة في جسم الإنسان والحيوان، وذلك للأسباب الآتية:

أ - ينقل نواتج الهضم كمحلول مائي إلى الدم.

ب - ينقل المواد الإخراجية من أنسجة الجسم المختلفة إلى أجهزة الإخراج على صورة محلول مائي.

ج - السعة الحرارية للماء عالية؛ فهو يمتص كميات كبيرة من الحرارة، دون أن تتغير حرارته لدرجة ضارة بالجسم.

د - الماء موصل جيد للحرارة بالنسبة للسوائل الأخرى، وهذا يساعد على توزيع الحرارة بالتساوي في أجزاء الجسم المختلفة، هذا بالإضافة إلى عمل الدورة الدموية، التي تساعد أيضاً على توزيع الحرارة بالتساوي في الجسم.

هـ - الحرارة الكامنة لتبخير الماء عالية، فإذا فقد الجسم كمية قليلة من الماء بالتبخير ( كما يحدث في العرق ) سحب ذلك امتصاص كمية من حرارة الجسم؛ فالسنتيمتر المكعب من الماء يحتاج لتبخيره إلى ٥٨٠ سعر.

ويكون الماء حوالي ٩٠٪ من وزن الجسم في حالة الاطفال أو الحيوانات صغيرة السن، كما يكون الماء ٦٠ - ٧٠٪ من وزن الجسم في الإنسان البالغ.

ويوجد في جسم الرجل متوسط الحجم ٤٧ لتر ماء موزعة في جسمه كالآتي:

٣٤ لتراً داخل الخلايا - ١٠ لترات خارج الخلايا - ٣ لترات في بلازما الدم.

هذا . . وتتراوح كمية الماء اللازمة لاحتياجات الجسم بين ٦ - ٨ لترات في الشتاء في اليوم، ٨ - ٩ لترات في فصل الصيف، طبقاً للمجهود والعمر والسن ودرجة الحرارة، ويدخل في نطاق ذلك جميع السوائل التي يتناولها الفرد سواء ماء أو عصائر أو مشروبات أو كمية الماء الموجودة في المواد الغذائية أثناء الطهي والحساء، وغيرها من

مصادر الماء الاخرى . وبالتالي .. فإن الكمية التى يحتاجها الجسم كماء فقط (potable water) تتراوح بين ١,٥ - ٢ لتر فى الشتاء، ٢ - ٢,٥ فى الصيف .

- يدخل الجسم فى اليوم حوالى ٦ لتر من الماء بيانها كالتالى :

١ لتر مع اللعاب .

١,٥ - ٢ لتر فى العصير المعدى .

٠,٧٥ - ١ لتر فى العصارة الصفراوية .

٠,٦ لتر فى العصارة البنكرياسية .

١ لتر من السوائل الداخلية (المخاطية) .

وبالإضافة إلى ٢ لتر ماء شرب فى اليوم (drinking water) .

وإذا فقد جسم الإنسان ١٠٪ من مائه، اختلت وظائفه الفسيولوجية . وإذا وصل هذا النقص إلى ٢٠٪ أدى ذلك إلى الموت . ولكى يبقى الإنسان بحالة صحية، لا بد أن يدخل الجسم كمية من الماء مساوية لما يفقده، أى إن الجسم لا بد أن يبقى فى حالة اتزان مائى (water balance) .

ينتج الماء من أكسدة المواد الغذائية بالجسم .

ويخرج الماء من الجسم على صورة :

١ - البول .

٢ - ماء فى الزفير .

٣ - ماء فى البراز .

٤ - ماء متبخر من الجلد .

هذا .. ويوجد الجسم دائماً فى حالة اتزان مائى، وعند زيادة فقد الماء مع عدم تعويضه، يحدث جفاف للجسم، ويلاحظ ذلك فى حالات القيء المستمر وبعض الأمراض التى تسبب القيء والإسهال مثل الكوليرا . وفى الحالات الشديدة قد تنتج

حالات الوفاة . وعند قلة فقد الماء من الجسم، كما هو الحال فى مرض الكلى ونقص البروتين وضعف القلب . . فإن الماء يتراكم فى الجسم ويتجمع فى الفراغ البطنى؛ ولذلك يلاحظ تورم فى بعض المناطق مثل الوجه والساقين ونجد أيضاً أن الإفراط الشديد فى تناول الماء يؤدى إلى حالات التسمم المائى، التى تتميز بانخفاض درجة حرارة الجسم والقيء وكثرة البول والارتعاش، ثم يعقبه بعد ذلك إغماء يؤدى إلى الموت .

### ب - امتصاص الماء وتكوين البول

#### Water absorption and urine formation

يستخلص البول من الدم بعملية ترشيح دقيقة (Ultrafiltration)، تعقبها عملية امتصاص مختارة (Selective reabsorption)، وتقوم الانابيب الكلوية (النيرون Nephron) بعملية تكوين البول . ويوجد بكل كلية إنسان حوالى مليون أنبوبة كلوية، وطول الأنبوبة الكلوية حوالى ٥ سم، وللأنبوبة الكلوية طرف مسدود على صورة حوصلة، منبعج جانبها الطرفى إلى الداخل، وتعرف بحوصلة بومان (Bowmans capsule)، وتؤدى هذه الحوصلة إلى أنبوبة كثيرة الالتواء، تعرف بالأنبوبة الملتوية القريبة (Proximal convoluted tubule)، وهذه تؤدى إلى أنبوبة ضيقة نسبياً ومستقيمة، تعرف بالجزء الهابط من ثنية هنلى (Descending loop of Henli)، يليها جزء ضيق آخر، يسير موازياً للجزء السابق، ويعرف بالجزء الصاعد من ثنية هنلى (Ascending loop of Henli)، وهذه تؤدى إلى أنبوبة كثيرة الالتواء، تعرف بالأنبوبة الملتوية البعيدة (Distal convoluted tubule)، التى تفتح فى نهايتها الأنبوبة الجامعة (Collecting tubule)، ويصل لكل حوصلة من حوصلات بومان فرع صغير من الشريان الكلوى، يعرف بالشريان الداخلى (Afferent arteriole)، الذى ينقسم فى تجويف الحوصلة إلى شعيرات، يتراوح عددها بين ٥ - ٦ أفرع تكون جدرانها ملاصقة لجدار الحوصلة الداخلى، وتعرف بالجلوميرولاس (glomerulus)، ثم تتجمع هذه الأفرع ثانياً لتكون الشريان الخارجى (efferent arteriole)، الذى سرعان ما يتفرع ثانياً إلى شعيرات دموية كثيرة، تسير ملاصقة للأجزاء الأخرى من الأنبوبة الكلوية، وبذلك يسهل التبادل بين

محتويات السائل، الذى يمر فى أجزاء الأنابيب الكلوية، ومحتويات الدم الذى يمر فى هذه الشعيرات، ثم تتجمع هذه الشعيرات تدريجياً؛ لتكون فى النهاية الوريد الكلوى . وفى عملية البول، تعمل جدران الشعيرات الدموية المكونة للجلوميرولاس وجدار الحويصلة الملاصق لهذه الشعيرات كمرشح (filter)، يسمح بمرور كل محتويات الدم، التى يقل وزنها الجزيئى عن ٦٨٠٠٠ إلى تجويف الأنبوبة الكلوية. ولكنها تحول دون مرور المواد التى وزنها الجزيئى أكبر من ذلك، وباستعمال الميكروسكوب الإلكتروني، اتضح أن هناك ثقباً قطرها ١,٠ ميكرون يتم عن طريقها عملية الرشح هذه؛ فيمر بذلك من الدم إلى تجويف الأنبوبة الكلوية الماء والمواد الغذائية ( كالجلكوز والاحماض الامينية والأملاح المعدنية )، والمواد الإخراجية كالبولينا (Urea)، وحامض البوليك (Uric acid) والكرياتينين (Creatinine)، فى حين أن الكرات الدموية وبروتينات الدم لا تستطيع المرور لكبر حجمها، وإن كانت هناك أمراض، نشأ عنها تفكك فى الكرات الدموية الحمراء وانطلاق الهيموجلوبين فى الدم. . فإن الهيموجلوبين يمر ضمن المواد المرشحة؛ لأن الوزن الجزيئى للهيموجلوبين هو ٦٧٠٠٠ .

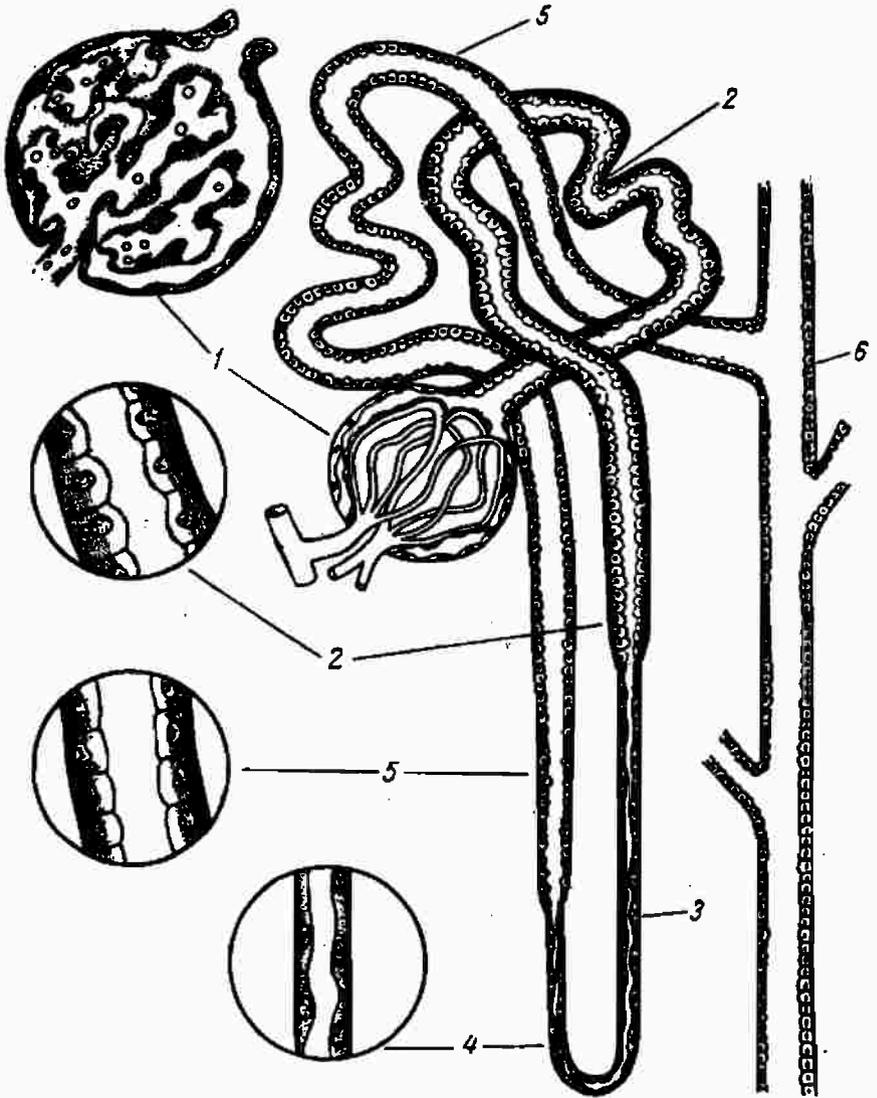


Diagram of the structure of a nephron (after Smith):

1 - glomerulus; 2 - proximal convoluted tubule; 3 - descending limb of Henle's loop; 4 - ascending limb of Henle's loop; 5 - distal convoluted tubule; 6 - collecting tubules. The structure of the epithelium in the different portions of the nephron is shown in the cricles.

تأتي الطاقة اللازمة لعملية الترشيح من ضغط الدم الشرياني في شعيرات الجلوميرولاس. وأثناء مرور السائل المرشح في الأنبوبة الكلوية، تقوم خلايا الأنبوبة الكلوية بعملية امتصاص مختارة (Selective reabsorption) لبعض محتويات هذا السائل حسب حاجة الجسم إليها - فالمواد الغذائية يعاد امتصاصها جميعها، أما إعادة امتصاص الأملاح المعدنية فيختلف كثيراً، ويتوقف ذلك على تركيز هذه الأملاح في بلازما الدم. أما المواد الإخراجية فجزء صغير جداً منها يعاد امتصاصه. أما عن الماء، ففي الظروف العادية يعاد امتصاص أكثر من ٩٩٪ من الماء، الذي يوجد في السائل، الذي يرشح داخل الأنبوبة الكلوية فيعاد امتصاص ١٦٨,٥ لتر من ١٧٠ لتراً، التي تمر إلى الأنبوبة الكلوية في ٢٤ ساعة، ويخرج فقط ١,٥ لتر على صورة بول يوميا - ويحدث امتصاص الماء بواسطة خلايا الأنبوبة الملتوية القريبة والأنبوبة الملتوية البعيدة والأنبوبة الجامعة - ويحدث امتصاص ٨/٧ الماء بالأنبوبة الملتوية القريبة، أما امتصاص الماء في الأنبوبة الملتوية البعيدة والأنبوبة الجامعة، فينظمه هرمون يعرف، بالهرمون المانع لإدرار البول Antidiuretic hormone، الذي يفرزه الفص الخلفي للغدة النخامية. ويؤدي نقص إفراز هذا الهرمون إلى عدم امتصاص الماء بواسطة الأنبوبة الملتوية البعيدة والأنبوبة الجامعة، مما يؤدي إلى زيادة حجم البول، وقد يصل إلى ٢٢,٥ لتر يوميا، وتعرف هذه الحالة بمرض إدرار البول (diabetes insipidus). ومن ناحية أخرى، فإن نقص كمية الماء بالجسم تعمل على زيادة إفراز هذا الهرمون؛ فيزيد بذلك امتصاص الماء بواسطة الأنبوبة الملتوية البعيدة والأنبوبة الجامعة، ويؤدي ذلك إلى نقص حجم البول، وقد يصل هذا النقص لدرجة أن يصبح حجمه ٣٠٠ مليلتر يوميا، وهذا هو أقل حجم يمكن أن يصل إليه البول ليستطيع نقل المواد الإخراجية.

يحدث امتصاص كل الجلوكوز بواسطة الأنابيب الكلوية في الأحوال الطبيعية، ولكن قدرة خلايا الأنابيب الكلوية على امتصاص الجلوكوز وإعادته للدم محدودة، فإن زادت كمية الجلوكوز عن ١٨٠ مليجرام في كل مائة مليتر من الدم، تعذر على خلايا الأنبوبة الكلوية امتصاص الجلوكوز كله، ويبقى جزء منه يخرج في البول؛ ففي مرض السكر عند عدم علاج المريض تزيد كمية الجلوكوز في الدم كثيراً، ولذلك يظهر في البول.

كما يتم امتصاص كل بيكربونات الصوديوم بواسطة خلايا الأنبوية الكلوية.

ويتناول الإنسان عادة كميات أكثر من حاجة جسمه من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)؛ ولذلك يوجد هذا الملح عادة في البول، وتتراوح كميته بين ١٠ - ١٥ جرام يومياً، ويفقد الإنسان كلوريد الصوديوم أيضاً في العرق، وإذا نقص هذا الملح في الجسم عن المعدل الطبيعي.. فإن إعادة امتصاص هذا الملح تكون كاملة، ولا يخرج منه شيء في البول. وفي الأحوال الطبيعية، تمتص خلايا الأنبوية المتلوية القريبة لكلوريد الصوديوم، ويمتص الباقي بخلايا ثنية هنلى والأنبوية المتلوية البعيدة، وينظم هذا الامتصاص الأخير هرمون الالدوستيرون Aldosterone، التي تفرزه قشرة غدة فوق الكلية، أما أيون البوتاسيوم فيعاد امتصاصه بخلايا الأنبوية المتلوية القريبة.

وأهم المواد الإخراجية في بول الإنسان، هي: البولينا وحامض البوليك والكرياتينين.

ويخرج الجسم حوالي ٣٠ جرام بولينا يومياً، وتتكون البولينا في الكبد من الأمونيا، التي تنتج من عملية إزالة الأمونيا deamination للأحماض الأمينية الزائدة بالجسم، وتتوقف الكمية التي يخرجها الجسم من البولينا يومياً على كمية ما يتناوله الإنسان من البروتين، وما يحتاج إليه من الأحماض الأمينية للنمو والإصلاح وتعويض الأنسجة، كما أن أملاح الأمونيا التي يتناولها الإنسان في الطعام تتحول أيضاً إلى بولينا، والمستوى الطبيعي للبولينا في الدم هو ٣٠ مليجرام في كل ١٠٠ مليلتر من الدم. وعندما يتعطل عمل الكلية في الجسم، ترتفع نسبة البولينا في الدم، وتعرف الحالة بتسمم البولينا (Uraenemia).

تتراوح كمية حامض البوليك في الدم من ٢ - ٣ مليجرام في كل ١٥٠ مليلتر من الدم، وقد يصل ما يخرجها الجسم من حامض البوليك ٢ جرام يومياً.

أما الكرياتينين فينتج من كرياتينين العضلات، وتتوقف الكمية التي يخرجها الجسم يومياً على حجم العضلات بالجسم؛ فهي تزيد في الرجال ذوى العضلات المفتولة عنها في النساء والأطفال، بالإضافة إلى ذلك فهناك مركبات البيورين purine والزانتين Xan-thine والهيپوزانتين Hypoxanthine والأدينين adenine وحامض الهيپوريك Hipuric والإنديكان indican، الذي ينشأ من تأثير بكتريا الأمعاء على الأندول indol، يزيد

الإنديكسان كثيراً في البول في حالات انسداد الأمعاء Intestinal obstruction .

بالإضافة إلى المواد الإخراجية التي تتكون بطريقة الترشيح في حوصلة بومان، فهناك مواد تفرزها خلايا الانابيب الكلوية إلى تجويف الانابيب، مثال ذلك البنسلين وحمض البارامينو هيبوريك Para-aminohipuric acid، أما أيون البوتاسيوم فعلى الرغم من أنه يمتص من المسائل المرشح بواسطة خلايا الأنبوبة الملتوية القريبة، إلا أنه يفرز ثانياً من خلايا الأنبوبة الملتوية البعيدة إلى تجويف الأنبوبة الكلوية، وخلايا الانابيب الكلوية القدرة كذلك على إفراز أيون الأيدروجين وأيونات الأيدروكسيد؛ وبذلك فهي تستطيع أن تغير درجة التركيز الأيدروجيني (pH) للمسائل البولية من ٧,٤، وهي درجة تركيز الأيدروجين في الدم إلى درجة تتراوح بين ٤,٥ ، ٨,٥، وهذا مدى تغير درجة التركيز الأيدروجيني للبول .

طريقة تكوين البولينا:

ن يد + ك ١ + ادينوسين ثلاثي الفوسفات ← فوسفات الكرياميل

فوسفات الكرياميل + ارنيتين ← سترولين

سترولين + اسبترات + ادينوسين ثلاثي الفوسفات ←

ارجينينوسكسينات

ارجينينوسكسينات ← فيوميرات + ارجنين

ارجنينين ← ارنيتين + بولينا

طريقة تكوين حامض البوليك:

٣ ن يد + ك ١ + جليسين + فورمات + ريبوز فوسفات ←

(من الجلوتامين)

حامض الاينوسنيك ← اينوسين ← هيبوزانثين ← زانثين ← حامض بوليك