كالطاقـــــــــــــــة

- تعرف الطاقة بأنها المقدرة على اداء عمل او انجاز شغل .
هناك 6 اشكال للطاقة هي الكيميائية والميكانيكية والحرارية والضوئية والكهربائية والنووية .
- الطاقة لاتفنى ولكنها قابلة للتحول من شكل لاخر وانطلاقاً من ذلك فأن الطاقة الكيميائية تتحول الى طاقة ميكانيكية داخل جسم الانسان ، وتعتبر تلك الطاقة هي مصدر حركـــة الانسان والتي هي اصلاً ناتجة عن تحول الطعام الى طاقة كيميائية .
- من 60% الى 70% من طاقة الانسان تتحول الى حرارة والجزء الباقي منها يستخدم في العمل الميكانيكي وانشطة الخلايا .

جدول (1) يوضح المخزون في الجسم من مواد الطاقة لمتوسط وزن جسم قدرة 65 كيلوجرام بنسبة 12% دهون جسم

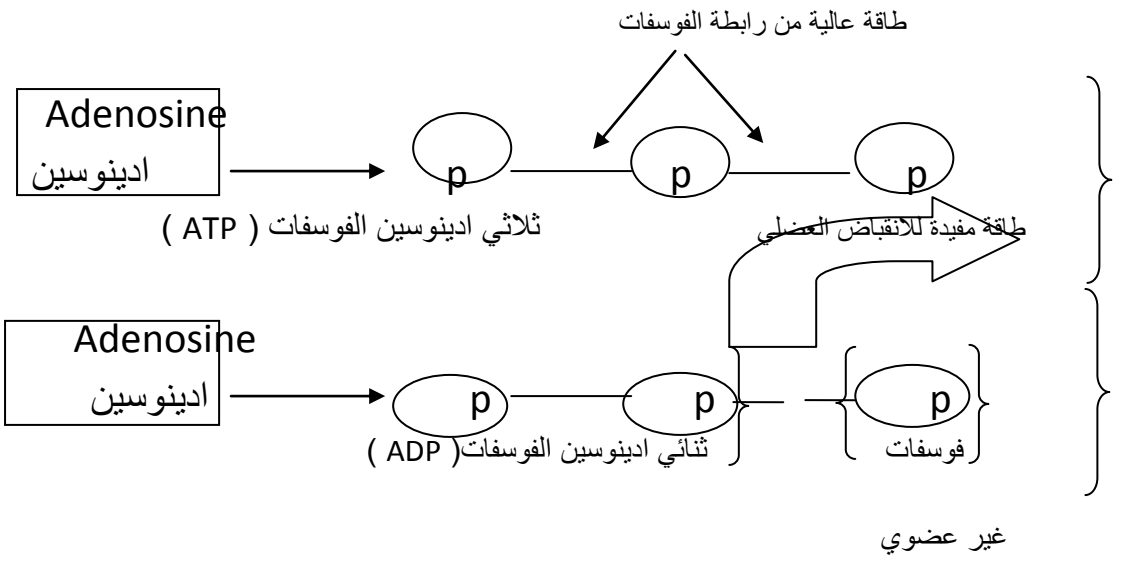
المخزون في الجسم من مواد الطاقة	جرام	كيلو كالوري
المواد الكاربوهيدراتية		
- كلايكوجين الكبد	110	451
- كلايكوجين العضلات	250	1025
- الجلوكوز في سوائل الجسم	15	62
المجموع	375	1538
الدهون		
- تحت الجلد	7800	70980
- داخل العضلة	161	1465
المجموع	7961	72445

- الطاقة التي تستخدمها الالياف العضلية في تنفيذ انقباضها هي من ذلك النوع الكيميائي ، حيث تتحلل كل المواد الكاربوهيدراتية والدهنية والبروتينية الموجودة في غذاء الى مركبات بسيطة في شكل مركبات كيميائية تختزن داخلها الطاقة ، عند تحرر الطاقة من هذه المركبات الكيميائية فأنها تعمل غلى تكوين مركب كيميائي يسمى ثلاثي ادينوسين الفوسفات Adenosine Triphosphate ويرمز له اختصار بأحرفه الاولى (ATP) ويتم ذلك بعد استخدام المخزون منه فعلاً في خلايا العضلات المنقبضة .
- يختزن مركب ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) في كافة خلايا الجسم ، ومن خلال الطاقة المحررة من تكسيره يمكن لخلايا العضلة ان تنقبض .

- ان الطاقة الكيميائية المحررة من المركبات الكيميائية الناتجة عن تحلل الغذاء المتكامل لاتستخدم بطريقة مباشرة اذن في احداث الانقباض العضلي وبالتالي لاتستخدم بصورة مباشرة في اي اداء حركي ، وانما تسهم تلك الطاقة في تكوين ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) الذي يعتبر هو المركب الماسي في تكوين مركب الانقبـاض العضلي ويطــلق عليه احيانـــاً (الوقود الرئيسي للانقباض العضلي) .

ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) (الوقود الماسي للانقباض العضلي) :

- ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) مركب بالغ التعقيد وهو يتركب من الادينوسين بالاضافة الى مجموعة الفوسفات Phosphat Group والشكل (1- أ) يبين ذلك في صورة مبسطة ، وهو يختزن في خلايا العضلات بكميات ضئيلة جداً وهذا مرجعه الى انه لاتستطيع استيعاب كميات كبيرة منه . لاحظ ان الروابط الطرفية للفوسفات تختزن طاقة عالية .
- تنتج الطاقة المركبة للعضلات من مركب ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) خلال تفاعل كيميائي يتم في العضلة حيث تتحرر احدى روابط الفوسفات وينتج عن ذلك طاقة عالية هي التي تستخدمها العضلات في حركتها لانتاج الشغل او العمل الموجود في مواجهتها .، وفي ذلك التفاعل ينتج ايضا مركب ثنائي ادينوسين الفوسفات (1- ب) Adenosin Diphosphate ويرمز له اختصار (ADP) بالاضافة الى فوسفات غير عضوي Inorganic phosphate ويرمز له احتصار (Pi)
- لما كانت كمية ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP)المخزون في العضلات ضئيلة جداً فأن الطاقة المنتجة تكاد لاتكفي بضع ثواني ، وفي ذات الوقت لن يتم استمرار الانقباض العضلي بدونه . لذا كان من الضروري تكوين كمية اخرى من مركب (ATP) حتى يستمر الانقباض العضلي (يلاحظ انه حتى هذا الوقت ليس هناك حاجة لاستخدام الاوكسجين كي تنتج طاقة لحركة العضلات) .
- بمجرد حدوث التحلل الكيميائي لمركب (ATP) وتحرر الطاقة التي تحدث الانقباض العضلي فأن الكمية المخزونة منه في خلايا العضلة تنفذ ، ويصبح السؤال الهام هو .... من اين تأتي الخلايا العضلية بالمزيد من مركب (ATP) لمواصلة الانقباض العضلي ؟؟ ..... والاجابة هو انه مجرد استهلاك

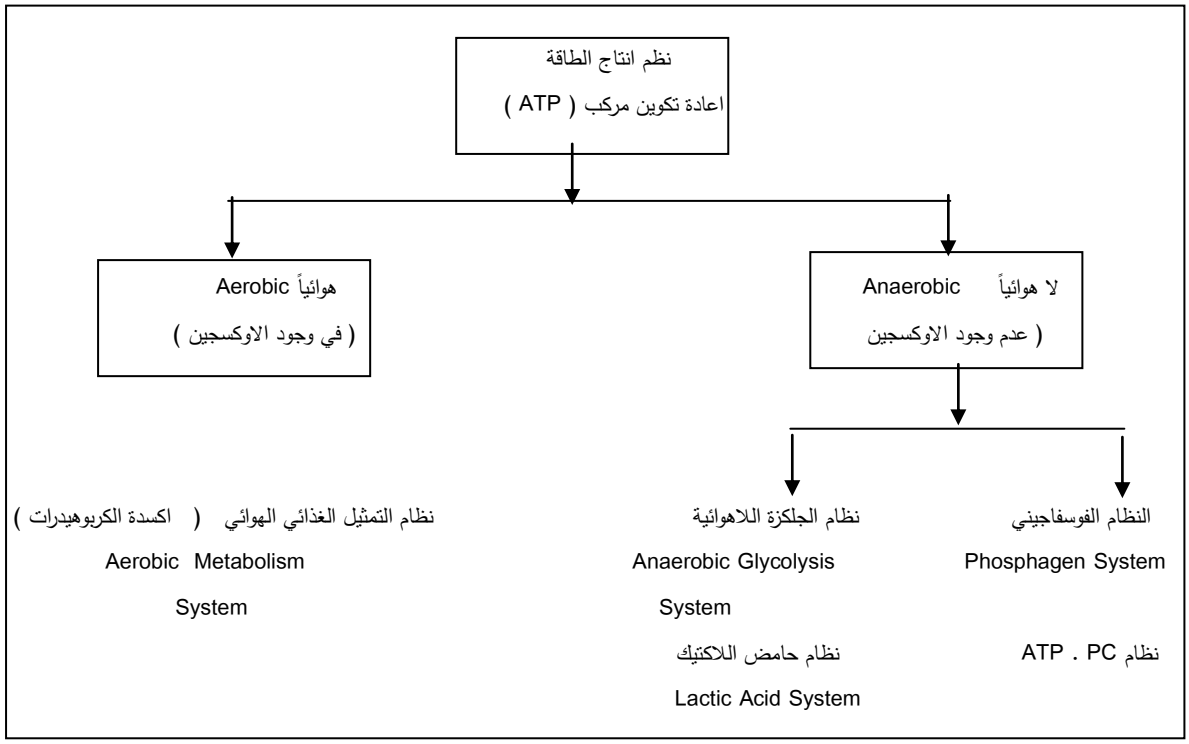


أ- شكل مبسط لبناء ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) يبين الطاقة العالية لروابط الفوسفات به .
ب- تحلل مركب ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) الى ثنائي ادينوسين الفوسفات (ADP) وفوسفات غير عضوي بالاضافة الى تحرر طاقة مفيدة للانقباض العضلي .

كمية (ATP) الموجودة في الخلية العضلية وتحرير الطاقة واحداث الانقباض العضلي فأنه يعاد تكوينه سريعاً ويتم ذلك من خلال اسلوبين اساسيين يطلق عليهما نظم انتاج الطاقة .

نظم انتاج الطاقة كمصدر لمركب ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) :

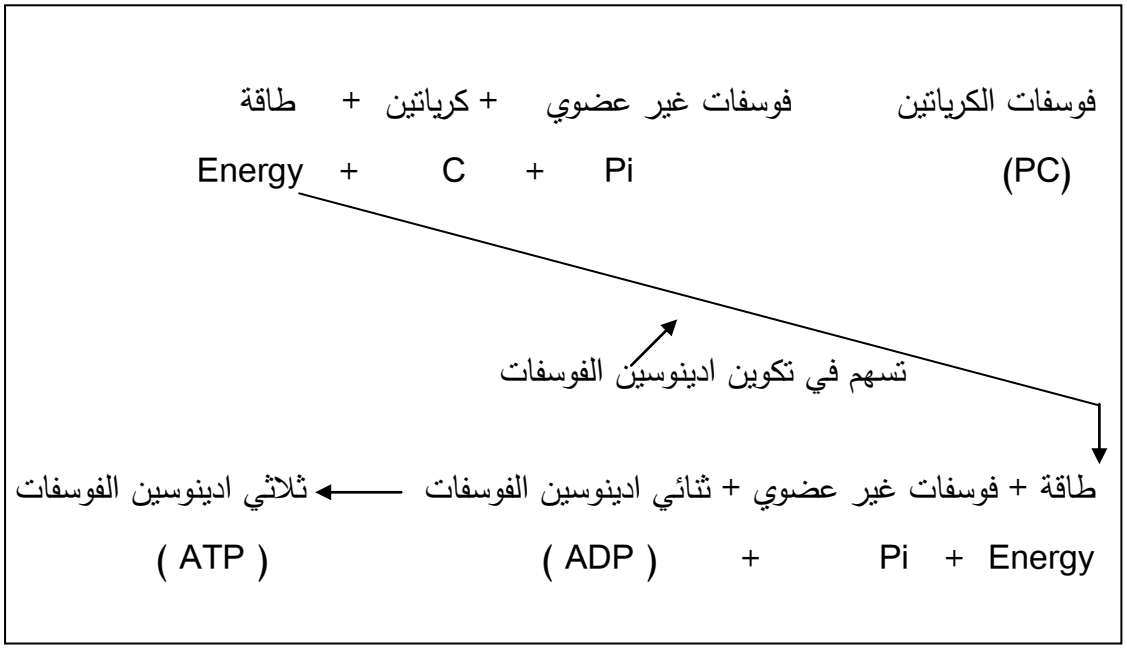
- النظامان الاساسيان لانتاج الطاقة اللازمة لاعادة تركيب ثلاثي ادينوسين الفوسفات في خلايا العضلات هما النظام الهوائي Aerobic وهو يعني في وجود الاوكسجين والاخر يسمى لاهوائي Anaerobic بدون وجود الاوكسجين .
- النظام اللاهوائي بدون وجود الاوكسجين يتم من خلال نظامين فرعيين هما النظام الفوسفاجيني Phosphagen ويرمز له اختصار (ATP . PC) ونظام الجلكزة اللاهوائية Anaerobic Glycoiysis او نظام حامض اللاكتيك Lactic Acid



اولاً / النظام الفوسفاجيني :

- يتم في عدم وجود الاوكسجين .
- يتم الحصول على الطاقة اللازمة لاعادة تركيب (ATP) من مركب واحد اخر يسمى فوسفات الكرياتين Phosphocreatine ويرمز له اختصار (PC) والذي يختزن ايضاً في خلايا العضلات بكميات ضئيلة حيث يتحلل تحت تأثير انزيم كرياتين فوسفوكنيز Creatin Phosphokinase .

- ينتج عن التفاعل السابق الكرياتين (C) وفوسفات غير عضوي (Pi) بالاضافة الى طاقة ... هذه الطاقة هي التي يستفاد بها في اعادة تركيب ثلاثي ادينوسين الفوسفات ، وذلك بتفاعل الفوسفات غير العضوي (Pi) مع ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ADP) .
- لما كانت كمية فوسفات الكرياتين (PC) الموجودة داخل خلايا العضلة ضئيلة وتقارب خمسة اضعاف كمية (ATP) داخلها ، فان ذلك يعني انه اذا ما كانت كمية فوسفات الكرياتين (PC) المخزونة في العضلة تنتج طاقة يقدر زمنها بحوالي من 5 : 8 ثوان ثم تنفذ ايضاً كما هو الحال في سباق 100 م عدو مثلاً . اذن فكمية الطاقة المنتجة الكلية لمركب (ATP) من هذا النظام محدودة جداً ايضاً .



النظام الفوسفاجيني اعادة تركيب مركب ATP

مميزات هذا النظام :

1- لا يعتمد على الاوكسجين الجوي خلال الاداء .

2- يعمل هذا النظام في الفعاليات ذات الشدة العالية والزمن القصير وفي بداية كل الفعاليات تقريباً .

3- مدة دوام هذا النظام قصيرة جداً تتراوح مابين (1-25) ثانية

4- الطاقة المنتجة في هذا النظام قليلة جداً قياساً بالانظمة الاخرى لان تحلل (CP) يعطينا (ATP) واحد فقط .

5- هذا النظام غير معقد اذ انه يحتاج الى تفاعل واحد لانتاج الطاقة .

6- لايعتمد على مركبات الطاقة الغذائية (كلوكوز او حامض دهني) .

7- يحدث التفاعل في السايتوبلازم منطقة عمل الخيوط الانقباضية (المايوسين والاكتين)

8- خزين (ATP) و (CP) في النسيج العضلي قليل .

9- ان التدريب المنتظم والمستمر لهذا النظام يزيد من كمية (ATP) و (CP) التي تخزن في العضلات .

ثانياً / النظام اللاكتيكي :

يعرف هذا النظام بالتحلل السكري اللاوكسجيني ، وهذا يشير الى تحويل السكر الى كلوكوز بدون وجود (توافر) الاوكسجين لانتاج (ATP) من مصدره الرئيسي الكاربوهيدرات من خلال التحلل اللاوكسجيني لكل من كلايكوجين العضلات وكلوكوز الدم بعد دخوله العضلة ، ان تحلل السكر بسلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية (10) تفاعلات يتم انتاج ما يعادل (ATP_3) من خلال سكر الدم ، تتحكم بالتفاعلات الكيميائية العاملة في هذا النظام انزيمات كلايكولية متعددة اكثرها تطوقاً هو انزيم التفاعل الاول (الهيكوكاينيز) (HK) وانزيم التفاعل الثالث (فوسفو فركتو كاينيز) (PFK) وانزيم التفاعل العاشر (بايروفيت كاينيز) (BK) واكثر هذه الانزيمات اهمية هو انزيم (PFK) اذ يشار اليه بأنه مفتاح عمل هذا الناظم اذ ان زيادة نشاطه يؤدي الى التحلل السريع للكلوكوز الى جانب تكوين حامض (LA) واعادة بناء (ATP) .

مميزات هذا النظام :

1- لا يعتمد على الاوكسجين لتحرير الطاقة .

2- الكاربوهيدرات هي المصدر الاساسي لعمل هذا النظام .

3- عمل هذا النظام يؤدي الى تراكم حامض اللاكتيك .

4- يعمل هذا النظام في الفعاليات ذات الشدة العالية وبفترة عمل طويلة نسبياً مابين (30ثانية – 3 دقائق) .

5- يحتاج الى مجموعة من التفاعلات الكيميائية .

6- كمية الطاقة المنتجة في هذا النظام قليلة قياساً الى النظام الهوائي .

يمكن اعادة بناء (3 ATP) نتيجة التحلل في العضلات و(2 ATP) نتيجة التحلل في الدم .

ثالثاً/ النظام الاوكسجيني

وهو من العمليات الكيميائية الاوكسجينية التي تحدث في العضلة لانتاج الطاقة وفي بيوت المايتوكوندريا (بيوت الطاقة) اذ يمكن امداد الجسم بالطاقة عن طريق الاوكسجين الجوي الذي يسمح بتكوين (ATP) خلال الانشطة الرياضية ذات الزمن الطويل بمساعدة اجسام مؤكسدة تسمى كما ذكرنا مايتوكندريا وينتج عن ذلك (CO_2) و (H_2O) ويخرجان من العضلة عن طريق الدم او الرئتين .

وتحدث هذه العملية لسكر الدم (الكلايكوجين) اذ ينتج عنها (H_2O) و (CO_2) ويخرج (CO_2) من الخلية الى العضلة الى الدم الذي يحمله الى الرئتين ليخرج مع هواء الزفير ويبقى الماء في الخلية

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O +$$ طاقة

36 ATP

$$\text{طاقة} + ADP + Pi \xrightarrow{LDH} 36\ ATP$$

كما وان هناك نظام اخر لانتاج الطاقة الاوكسجينية عن طريق اكسدة بعض الحوامض الدهنية والاحماض الامنية لتعطي طاقة و H_2O و CO_2 .

$$C_{16}H_{32}O_2 + 23O_2 + 129ADP \longrightarrow 16CO_2 + 16H_2O + \text{طاقة}$$

129ATP

LDH

$$\text{طاقة} + 129ADP + Pi \longrightarrow 130ATP$$

كما ويمكن انتتنج الطاقة عن طريق اكسدة البروتينات والذي لم يتم تناوله كمصدر للطاقة بسبب ان استخدام الروتين يمكن استخدامه كمصدر لانتاج (ATP) الا ان الفعاليات او الانشطة التي تكون بشدة عالية او بفترات زمنية طويلة جداً تصل الى اربع ساعات من الجهـد البدني المستمر وبنسبة من (7–10%) وذلك من خلال تأكسد (الفا) لينتج (H_2O و CO_2) وطاقة .

$$(C_6H_{12}O_6)n + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

$$\text{طاقة} + 39ADP + 39\ Pi \longrightarrow 39AATP$$

اذ ان 39ATP يتكون من خلال :

- 3 ATP من خلال التحلل اللاهوائي (اللااوكسجيني) .
- 36 ATP من خلال التحلل الهوائي (الاوكسجيني) دورة كريبس .

مميزات هذا النظام :

1- يعتمد على وجود الاوكسجين في انتاج الطاقة .

2- يعمل في الفعاليات ذات الشدة المعتدلة ولفترات زمنية طويلة تتراوح مابين(3 د – 3 ساعات) او اكثر .

3- تستخدم الكاربوهيدرات لانتاج الطاقة عن طريق الاكسدة بأستخدام (O_2) .

4- تستخسدم الدهون والبروتينات في احيان نادرة جداً لانتاج الطاقة .

5- الطاقة المتولدة من هذا النظام كبيرة جداً اذ ان جزيئة واحدة من الكلكوز تعطي (36ATP) في حين تعطي (2ATP) في النظام (LA) .

6- ان تحرير الطاقة في هذا النظام تحتاج الى فترة زمنية اطول من بقية الانظمة .

7- لغرض انتاج الطاقة في هذا النظام يجب ان تحدث عدة تفاعلات كيميائية معقدة ، قد تصل الى (36) تفاعل .