مبادئ التدريب الرياضي

جامعة فلسطين التقنية" خضوري"

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

إعداد:

الدكتور حامد سلامة

الفصل الثالث

انظمـــة انتـــاج الطاقـــة

تأخذ الطاقة اشكالا متعددة، منها الطاقة الكيميائية، والطاقة الكهربائية، والطاقة الكهرومغناطيسية، والطاقة والحرارية، والطاقة الميكانيكية، والطاقة النووية، ويعد الغذاء المصدر الاساسي للطاقة لدى الانسان، نظرا لما يشمله من مكونات كالكربون والهيدروجين والاكسجين والنيتروجين في حالة البروتينات، حيث توفر هذه العناصر من الغذاء طاقة محدودة وضعيفة، يستفيد الجسم منها بعد تحللها كيميائيا داخل الجسم، وحتى يستفيد الجسم منها في انتاج الطاقة لا بد من تخزينها على هيئة مركب غني بالطاقة يدعى أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP).

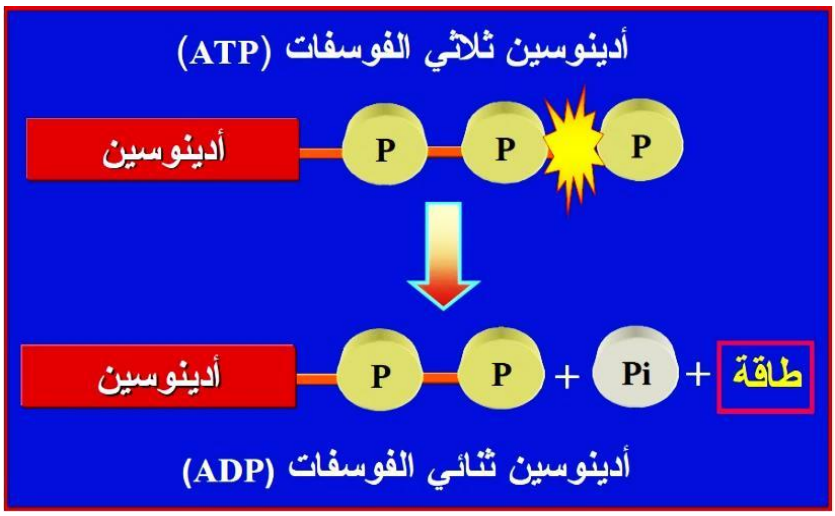
إن الوقود الاساسي المستخدم لانتاج الطاقة في الجسم يتكون من المواد الكربوهيدراتية والدهنية، بينما يكون دور البروتينات بناء الخلايا وترميم التالف منها، حيث لا تستخدم في انتاج الطاقة الا في حالات نادرة جدا عند المجاعة مثلا، اي بعد نفاذ مخزون الجسم من الكربوهيدات والدهون.

وبناء على ذلك تختلف الانشطة الرياضية في متطلبتها من الطاقة، فمنها ما يحتاج الى انتاج كميات كبيرة من الطاقة في مدة زمنية قصيرة جدا كالعدو السريع، والوثب، والرمي، ومنها ما يحتاج لانتاج طاقة لمدة زمنية طويلة كجري المسافات الطويلة، وهناك ايضا انشطة تحتاج الى درجات متفاوتة بين كلا النوعين، وفيما يلي توضيح لمصادر الطاقة والفعاليات المرتبطة بكل نظام وذلك على النحو الاتي:

1. النظام اللاهوائي

يطلق مصطح اللاهوائي (اللاأكسجيني) على العمل العضلي الذي يستمد طاقته دون الاعتماد على الاكسجين في ثم انتاج ATP، حيث تتميز الانشطة والفعاليات المندرجة تحت هذا النوع من النظام بالشدة العالية، والزمن القصير، وينقسم هذا النظام الى نوعين اساسيين هما:

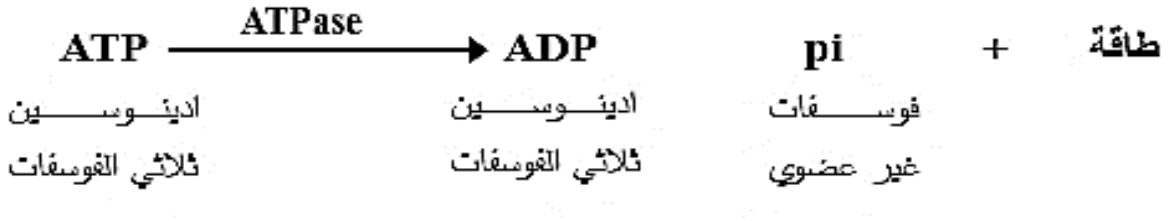
أ. **النظام الفوسفاجيني (ATP– CP)**:(اديتوزين ثلاثي الفوسفات– وكرياتين الفوسفات)، حيث يتركب (ATP) من القاعدة النيتروجينية (A)، وسكر الرايبوز (S)، وثلاث مجموعات فوسفات (P) تحتوي هذه المجموعات الفوسفاتية على روابط كيميائية غنية بالطاقة تربط هذه المجموعات الفوسفاتية الثلاث، بينما يحتوي مركب (PC) على الكرياتين ومجموعة فوسفات واحدة.



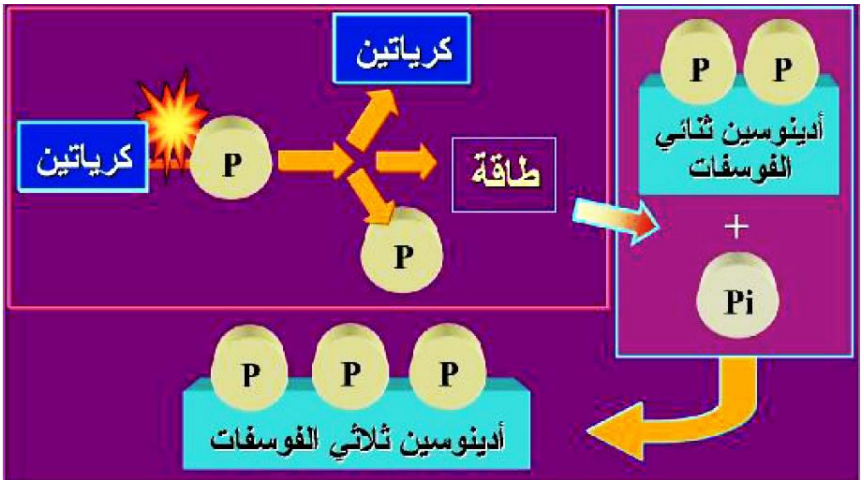
حيث يعد (ATP) هو المصدر الوحيد والمباشر للطاقة الحركية، حيث يخزن الجسم هذا المركب في العضلات بكمية محدودة جدا تقدر (5– 7)ملي مول/كيلو غرام من وزن العضلات خلال الراحة، علما ان هذا الخزين لا يدوم لاكثر من ثانية واحدة او ثانيتين خلال الانقباض العضلي الاقصى، ليتحول بعد ذلك الى مركب ادنيوسين ثنائي الفوسفات (ADP)، وفوسفات غير عضور (pi)، وطاقة هائلة جدا تقدر بحوالي عشرة الاف سعر/مول نتيجة تحطم احدى

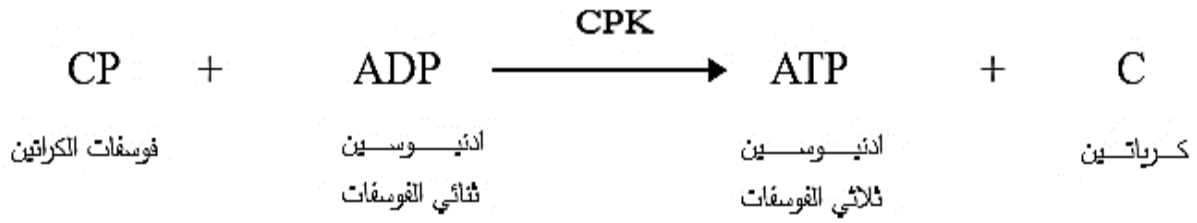
الروابط الكيميائية بين مجموعات الفوسفات الثانية والثالثة لينتج المركب ادينوسين ثنائي الفوسفات (ADP)، كما يمكن ان تتحطم الرابطة الكيميائية بيم مجموعات الفوسفات الثانية والاولى لينتج المركب ادينوسين احادي الفوسفات (AMP).

ويتم هذا التفاعل بمساعدة انزيم (مادة بروتينية تساعد على التفاعل) يدعى ادينوسين ثلاثي الفوسفات كما في المعادلة الاتية:



ولديمومة العمل العضلي واستمرار العضلة بالانقباض والانبساط يجب ان يتم اعادة بناء (ATP) من مصادر اخرى، وبالتالي يلجأ الجسم لاعادة بناء (ATP) بواسطة مركب كرياتين الفوسفات (CP)، وهو مركب ذو طاقة عالية موجود في الخلايا العضلية بكميات تساوي خمسة اضعاف الكمية المخزونة من الـ (ATP)، حيث يتحلل (CP) إلى مادة الكرياتين وفوسفات مع انطلاق طاقة من عملية التحلل تستخدم في دمج ادينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) مع الفوسفات الغير عضوي بواسطة انزيم كرياتين كاينيز كما في المعادلة الاتية:





هذا ويصل معدل تحلل فوسفات الكرياتين (CP) أقصاه بعد ثانيتين من بدء الجهد البدني الأقصى، ثم ينخفض بعد ذلك بمقدار (50%)عند (10) ثواني من الجهد البدني الأقصى، أما في الجهد البدني الاقصى الذي يدوم لمدة (30) ثانية فيعتقد أن معدل تحليل فوسفات الكرياتين في العشر ثواني الاخيرة من الجهد ينخفض إلى حوالي (2%) من معدل تحلله الأقصى في الثواني الأولى من الجهد.

ويستخدام هذا النظام في تدريبات القدرات البدنية المرتبطة بالسرعة، والقوة العضلية (المتحركة، الثابته)، والقوة المميزة بالسرعة، والقوة الانفجارية كما في فعاليات (عدو 80م، 100م، والوثب، والرمي، ورفع الاثقال)، وبناء على ما سبق يمكن ايجاز مميزات هذا النظام بما هو ات:

1. لايعتمد على الاكسجين الجوي خلال الاداء.
2. يعمل هذا النظام في الفعاليات ذات الشدة العالية والزمن القصير وفي بداية كل الحركات التي يقوم بها الانسان بغض النظر عن شدتها.
3. مدة دوام هذا النظام قصيرة جدا تتراوح ما بين (10) ثوان.
4. الطاقة المنتجة في هذا النظام قليلة قياساً بالانظمة الاخرى لان تحلل (PC) يعطينا (ATP) واحد فقط.
5. غير معقد اذ انه يحتاج الى تفاعل واحد لإنتاج الطاقة.
6. لا يعتمد على المركبات الطاقة الغذائية (كلوكوز او حامض دهني).

7. يحدث التفاعل في السايتوبلازم منطقة عمل الخيوط الانقباضية (المايوسين والأكتين).
8. خزين (ATP) و (PC) في النسيج العضلي قليل.
9. التدريب المنتظم والمستمر لهذا النظام يزيد من كمية (ATP) و (PC) التي تخزن في العضلات.

تدريب النظام الفوسفاجيني:

يحتاج رياضي المستويات العليا ما بين (24–36) ساعة راحة قبل تدريبات السرعة والقوة والقوة المميزة بالسرعة وذلك لسببين الاول يتعلق بزيادة مصادر الطاقة اللازمة لتدريب هذه العناصر، والثاني يتعلق بزيادة كفاءة الجهاز العصبي، كما ينصح أن تكون عدد مرات التكرار ما بين (4–5) تكرارات بين المجموعات مع فترة راحة لا تقل عن (2–3) دقائق، وفترة راحة ما بين المجموعات لا تقل عن (8–10) دقائق، وذلك بغرض اعادة بناء ATP– PC من مصادر فوسفاتية، حيث يستعيد الجسم بناء حوالي (50%) من PC بعد راحة تصل الى (30)ثانية بين التكرارات، و (75%) بعد راحة (1) دقيقة، و(87%) بعد راحة (1.5) دقيقة، و(98%) بعد راحة (3)دقائق، كما انه لا ينصح بأن تكون عدد مرات التدريب في الاسبوع لهذه العناصر بهذا النظام لاكثر من (3–4)مرات.

ب.نظام حامض اللاكتيك او (الجلكزة اللاهوائية)

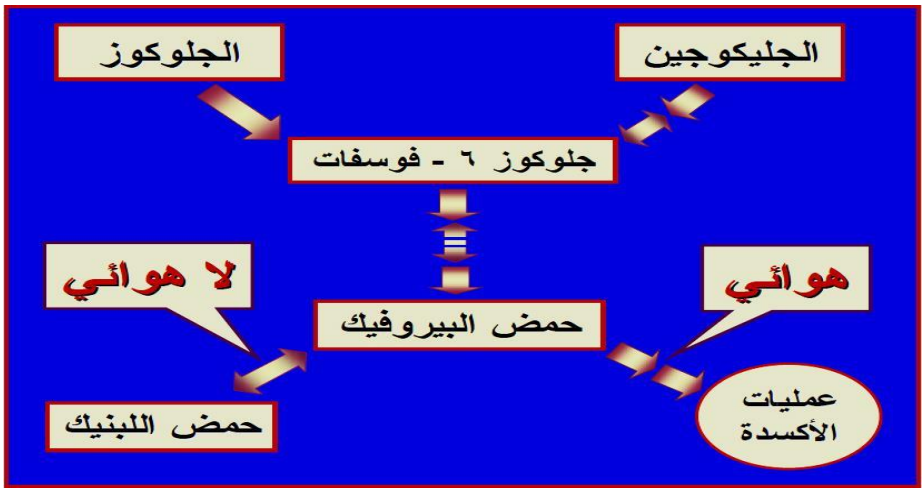
هو عبارة عن مركب كيميائي يرمز له بالرمز (CH3– HOH– COOH) أو (C3– H6– O3) ويعتبر من العناصر الهامة لتوفير الطاقة اللازمة للعضلات، حيث يتراوح المعدل الطبيعي لتركيزه (10– 20)ملجم/100ملليمتر دم اثناء الراحة، ويرتفع تركيزه بعد المجهود البدني الشاق، وبعد التمرينات التي تستمر ما بين (30 ثانية الة 3 دقائق) ليصل الى (100– 200) ملليجرام/ 100ملليمتر من الدم، حيث ينتقل من العضلات الى الدم

بسبب خاصية الانتشار، وانتقاله الى دم يؤثر على حمضية الدم وقلويته (PH) وبالتالي يؤدي الى عدم اندماج الاكتين والمايوسين لحدوث الانقباض في الليفة العضلية، كما يؤثر ايضا على نشاط بعض الانزيمات الخاصة بالطاقة وعلى نقل الاشارات العصبية خلال النهايات العصبية الى الليفة العضلية. وحتى يستمر اللاعب بالاداء وتستمر الانقباضات العضلية لا بد من مشاركة مصادر اخرى من الطاقة حتى يتم اعادة بناء الـ(ATP) من جديد، وهنا يلجأ الجسم الى مشاركة جليكوجين العضلة (أو سكر الجلوكوز الموجود في الدم الذي يدخل بدوره إلى العضلة)، حيث يتحلل جزيء الجلوكوز بعد مروره بعدة تفاعلات كيميائية عددها (10) تفاعلات من مركب ست ذرات كربون إلى جزيئين من حامض عضوي ثلاثي الكربون يعرف باسم حامض البيروفيك (Pyruvic Acid) وينتج من هذا التحول طاقة صافة تساوي (2ATP) حسب المعادلة الموضحة ادناه، حيث تتحكم بالتفاعلات الكيميائية العاملة في هذا النظام إنزيمات متعددة اهما إنزيم التفاعل الأول وهو (الهيكوكاينيز)(HK)، وإنزيم التفاعل الثالث (فوسفو فركتو كاينيز)(PFK)، وأنزيم التفاعل العاشر (بايروفيت كاينيز) (BK)، ويعد إنزيم (PFK) اكثر هذه الانزيمات اهمية في هذا النظام حيث يعتبر مفتاح عمل هذا النظام إذ إن زيادة نشاطه يؤدي إلى التحلل السريع للكلوكوز إلى جانب تكوين حامض (LA) وإعادة بناء (ATP) .

$$C6H12O6 \xrightarrow[\text{أنزيمات}]{\text{تنفس لا هوائي}} 2\ C3\ H4\ O3 + 2ATP$$

وتحلل الجليكوجين أو الجلوكوز إلى حمض البيروفيك ليس نهاية المطاف، حيث أن حمض البيروفيك ما هو الا خطوة يتم بعدها اتجاهه إما إلى تحلل لا هوائي ينتهي بحمض اللاكتيك ويطلق عدد محدود من (ATP) بشكل سريع جدا، أو يتجه إلى التحلل الهوائي.

فإذا كانت شدة الطلب على الطاقة عاليا جدا كما في الجهد البدني المرتفع الشدة، فان معظم حمض البيروفيك لزاما أن يتحول إلى حمض اللاكتيك وينتج عن ذلك (3ATP) (في حالة البدء بالجلوكوز نحصل على (2ATP) نظرا لانه يتم فقدان (1ATP) أثناء خطوات تحلل الجلوكوز، وهي خطوة تحويل فركتوز 6- فوسفات إلى فركتوز 1، 6- ثنائي الفوسفات).



ويستخدم هذا النظام في المسابقات والتدريبات البدنية المرتبطة في تحمل السرعة، وتحمل القوة (الثابتة والمتحركة) ويطلق عليها التحمل اللاهوائي وهي القدرة على الاحتفاظ او تكرار انقباضات عضلية قصوى اعتمادا على انتاج الطاقة اللاهوائية بنظام حامض اللاكتيك كما في فعاليات عدو المسافات القصيرة (200م، 300م، 400م، 400م حواجز، والكثير من الالعاب المختلفة ككرة القدم، والسلة، واليد ، الخ...).

التخلص من حامض اللاكتيك

ان التخلص من حامض اللاكتيك في الدم والعضلات يكون من خلال التحول الى جلايكوجين وكلوكوز ويتم ذلك في الكبد وذلك من خلال دورة بين العضلات والدم والكبد تعرف بدورة كوري، او من خلال اكسدة حامض اللاكتيك بالطرق الهوائية حيث يتحول الى ثاني اوكسيد الكاربون وماء لاستخدامه كوقود في انتاج الطاقة الهوائية بواسطة العضلات الارادية، او من خلال التحول الى بروتين ويتم ذلك بشكل قليل جداً خلال الفترات الاولى

من عملية الاستشفاء، والخطوة الاخيرة هي ان يتحول الى البول والعرق ويتم ذلك بشكل بسيط من خلال الجهاز الاخراجي.

كما تزداد سرعة التخلص من حامض اللاكتيك من العضلة والدم في حالة اداء اللاعب لتمرينات خفيفة بعد الجهد مباشرة في نهاية الوحدة التدريبية (أي استخدام الراحة الايجابية) وتجدر الاشارة الى ان حامض اللاكتيك يتحول اثناء فترة الراحة الى جلايكوجين عضلي او جلايكوجين يخزن بالكبد، او كلوكوز في الدم، او حامض البايروفيك الذي يمكن استخدامة بوصفة وقود لنظام الطاقة الهوائي، الا ان تحويل حامض اللاكتيك الى طاقة يتطلب العودة الى النظام الهوائي.

وبناء على ما سبق يمكن ايجاز مميزات هذا النظام بما هو ات:

1. لايعتمد على الاوكسجين في انتاج 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 نسبيا تتراوح مابين (30 ثانية – 3 دقائق).
5. يحتاج الى مجموعة من التفاعلات الكيميائية عددها (10) تفاعلات.
6. كمية الطاقة المنتجة قليلة قياسا بالنظام الهوائي.
7. يمكن اعادة بناء (3ATP) نتيجة التحلل في العضلات، و(2ATP) نتيجة التحلل في الدم.
8. التخلص من حامض اللاكتيك يكون من خلال اكسدة حامض اللاكتيك بالطرق الهوائية.

تدريب نظام حامض اللاكتيك

لتنمية وتطوير القدرات البدنية المرتبطة بهذا النظام يجب ان تكون عدد مرات التكرار داخل المجموعة ما بين (1- 3) مرات، وبشدة حمل عالية تصل الى أكثر من (180)ن/ق، ولفترة زمنية تتراوح ما بين (30ثانية- 3دقائق)، وتكون فترة الراحة بين (الاستشفاء) ما بين (1.30- 4) دقائق بين التكرارات، وعند استخدام النبض كمؤشر فسيولوجي لتحديد فترة الراحة فأن تكرار التمرين يتطب عودة النبض الى (120- 134)ن/ق، وتكون فترة الراحة بين المجموعات ما بين (4- 6) دقائق بين المجموعات بحث تكون طبيعة الراحة ايجابية نشطة، كما تجدر الاشار الى ان فترة الراحة بين الوحدات التدريبية تتراوح ما بين (48- 72) ساعة، وبالتالي تكون عدد الوحدات التدريبية الاسبوعية المسموح بها في هذا النظام هو (3) وحدات اسبوعياً.

النظام الثاني: النظام الهوائي:

ان تحلل الجليكوجين أو الجلوكوز إلى حمض البيروفيك ليس نهاية المطاف، حيث أن حمض البيروفيك ما هو الا خطوة يتم بعدها اتجاهه إما إلى تحلل لا هوائي ينتهي بحمض اللاكتيك ويطلق عدد محدود من (ATP) بشكل سريع جدا، أو يتجه إلى التحلل الهوائي فإذا كانت إذا كان معدل الطلب على الطاقة ليس عاليا كما هو الحال في الجهد البدني الخفيف الى المعتدل الشدة فأن معظم حمض البروفييك سيذهب الى الميتوكوندريا (بيت الطاقة) ويدخل في سلسلة من التفاعلات الكيميائية بما فيها دورة كربس (krebs cycle) ونظام النقل الالكتروني وينتهي بماء وثاني اكسيد الكربون مع الحصول على طاقة اكبر من التحلل اللاهوائي تقدر ب (39) (ATP) (في حالة الجلوكوز نحصل على (38)

(ATP)، ويتم في هذا النظام اعادة بناء (ATP) من عدة مصادر يمكن توضيحها على النحو الاتي:

أ. **التحلل الهوائي للجلايكوجين:** يتحلل جلايكوجين العضلات في هذه المرحلة لينتهي بحمض البيروفيك الذي ينتقل الى الميتوكوندريا (بيت الطاقة) ويدخل في سلسلة من التفاعلات الكيميائية بما فيها دورة كربس (krebs cycle) ونظام النقل الالكتروني، حيث يفقد فيها حامض البيروفيك جزيء ثاني اكسيد الكربون، ويتحول الى حامض ثنائي الكربون يدعى حامض الاستيك (الخليك) (Acetic Acid)، وبمجرد دخوله الى دورة كربس يتحد مع حامض رباعي الكربون ليكون حامض الستريك (Citric Acid)؛ عندها يمر حامض الستريك بسلسلة من التفاعلات البيوكيميائية فيها ليخرج ثاني اكسيد الكربون وينتهي بتكوين مركب الطاقة (ATP).

وفي سلسلة التفاعلات الكيميائية يتفكك سكر الجلوكوز خلالها ويفقد الكترونات الهيدروجين، وهذه الالكترونات لا بد لها من عوامل ناقلة لها تدعى(بمرافقات الانزيمات(+NAD) (FAD) لتوصيلها الى المستقبل (الاكسجين) ليتحد معها مكونا الماء، ثم تعود هذه النواقل للاستعمال من جديد بعد ان تتخلص من الكتروناتها، حيث تسمى هذه العملية بسلسلة النقل الالكتروني (الهيدروجين) (Electron Transport Chain).

أما النتيجة النهائية للتنفس الهوائي فهو انتاج مركب الطاقة (ATP) وعددها (36) يضاف اليها (2ATP) من التنفس اللاهوائي؛ وهكذا تصبح حصيلة التنفس الخلوي (38ATP).

وعليه يمكن تلخيص معادلة اكسدة جزيء واحد من سكر الجلوكوز على النحو الاتي:

$$C6H12O6 + O2 \longrightarrow 6\,CO2 + 6H2O + 38ATP$$

وينتهي بماء وثاني اكسيد الكربون مع الحصول على طاقة اكبر من التحلل اللاهوائي تقدر ب (39) (ATP) (في حالة الجلوكوز نحصل على (38) (ATP)).

ب. **التحلل الهوائي للدهون:** تخزن الدهون في الانسجة الشحمية على هيئة جليسريدات ثلاثية (TG)، حيث يتم تحلل هذه الجليسريدات الثلاثية لتعطي مركب يدعى جليسرول (Glycerol) وثلاثة احماض دهنية حرة (FFA) يتم نقلها الى جزء خاص بعمليات الاكسدة في داخل الخلية يدعى الميتوكندريا (بيت الطاقة)، حيث يتم اكسدتها هوائيا من خلال عمليات كيميائية وبنفس الطريقة التي تمت فيها اكسدة الجلايكوجين (جزيء السكر) في الميتوكندريا لتعطي طاقة كبيرة جدا مقارنة بالكربوهيدرات تقدر ب(129)ATP او اكثر.

وبناء على ما سبق يمكن ايجاز مميزات هذا النظام بما هو ات:

1. يعتمد على الاوكسجين في انتاج الطاقة.
2. يعمل في الفعاليات الرياضية ذات الشدة المعتدلة ولفترات زمنية طويلة تتراوح ما بين (3 دقيقة – 3 ساعات) او اكثر.
3. تستخدم الكاربوهيدرات (الجلايكوجين، والجلوكوز) لانتاج الطاقة وبدرجة اكبر للدهون عن طريق الاكسدة باستخدام الاوكسجين.
4. تستخدم البروتينات في احيان نادرة جدا لانتاج الطاقة.
5. الطاقة المتولدة من هذا النظام كبيرة جدا اذ ان جزيئة واحدة من الكلوكوز تعطي (36ATP) في حين تعطي (3ATP) في النظام اللاكتيكي، بينما تقدر الطاقة القادمة من تحلل واكسدة الدهون (ATP129).
6. فترة تحرير الطاقة في هذا النظام تستغرق فترة زمنية اطول من بقية الانظمة.

7. في هذا النظام تحدث عدة تفاعلات كيميائية معقدة تصل الى (36) تفاعل.
8. هذا النظام هو السائد في الانشطة البدنية التي تستمر لفترة طويلة وهي انشطة التحمل كما في فعاليات (3000م) فاكثر.

تدريب النظام الهوائي

- يمكن التدريب بالنظام الهوائي بشكل يومي.
- لا يتخلل تدريباته فترات للراحة.
- شدة التدريب فيه اقل من (180)ن/ق عند استخدام النبض كمؤشر فسيولوجي لتوجيه شدة الحمل.