**ثالثا: المحددات الطاقوية لتدريب التحمل**

* 1. **لياقة نظم إنتاج الطاقة:**
* تعرّف لياقة نظام إنتاج الطاقة بأنها "مقدرة جسم الرياضي على تخزين واستخدام الوقود بفاعلية لإحداث الانقباضات العضلية المطلوبة في نوع خاص من أنواع الرياضة".
* هي أيضا "نظام إنتاج الطاقة" يعني أيضا التكيف الهام والضروري للجهاز الدوري والتنفسي والهرموني والذي يسهم في إمداد عضلات الجسم بالوقود وإزالة ثاني.
* إن لكل رياضة من الرياضات متطلبات طاقة خاصة بها تختلف عن متطلبات الطاقة في الرياضات الأخرى، وتستخدم الطاقة في كل منها بأسلوب مختلف، لذا وجب على المدرب التعرف تماما على كيفية استخدام العضلات للطاقة المتاحة لها.
* كي يوفي اللاعبون بمتطلبات الرياضة التخصصية بكفاءة وفاعلية لابد من أن ينظم التدريب بحيث يؤدي من خلال نظام إنتاج الطاقة التخصصية.
  1. **الطاقة:**
* تعرف الطاقة بأنها "المقدرة على أداء عمل أو إنجاز شغل".

هناك 6 أشكال للطاقة هي: الكيميائية والميكانيكية والحرارية والضوئية والكهربائية والنووية.

* الطاقة لا تفنى ولكنها قابلة للتحول من شكل لآخر، وانطلاقا من ذلك فإن الطاقة الكيميائية تتحول إلى طاقة ميكانيكية داخل جسم الإنسان وتعتبر تلك الطاقة هي مصدر حركة الإنسان والتي هي أصلا ناتجة عن تحول الطعام إلى طاقة كيميائية.
* من 60% إلى 70% من طاقة الإنسان تتحول إلى حرارة والجزء الباقي منها يستخدم في العمل الميكانيكي وأنشطة الخلايا.
* الجدول رقم(01) يوضح المخزون في الجسم من مواد انتاج الطاقة.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **المخزون في الجسم من مواد الطاقة** | **غرام** | **كيلو كالوري KCal** |
| **المواد الكاربوهيدراتية**   * غلايكوجين الكبد * غلايكوجين العضلات * الغلوكوز في سوائل الجسم   **مجموع**  **الدهون**  - تحت الجلد  - داخل العضلة  **المجموع** | 110  250  15  370  7800  161  7961 | 451  1025  62  1538  7098  1465  72445 |

**جدول رقم (01): المخزون في الجسم من مواد الطاقة لمتوسطة وزن جسم قدره 65 كيلوجرام بنسبة 12% دهون جسم**

* الطاقة التي تستخدمها الألياف العضلية في تنفيذ انقباضاتها هي من ذلك النوع الكيميائي، حيث تتحلل كل المواد الكربوهيدراتية والدهنية و البروتينية الموجودة في الغذاء إلى مركبات بسيطة في شكل مركبات كيميائية تختزن داخلها الطاقة، عند تحرر الطاقة من هذه المركبات الكيميائية فإنها تعمل على تكوين مركب كيميائي يسمى ثلاثي أدينوزين الفوسفات و يرمز له اختصارا بأحرفه الأولى ATP ويتم ذلك بعد استخدام المخزون منه فعلا في خلايا العضلات المنقبضة.
* يختزن مركب ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP) في كافة خلايا الجسم، ومن خلال الطاقة المحررة من تكسيره يمكن لخلايا العضلة أن تنقبض.
* C:\Users\Administrateur\Pictures\img040.tifإن الطاقة الكيميائية المحررة من المركبات الكيميائية الناتجة عن تحليل الغذاء المتناول لا تستخدم بطريقة مباشرة إذن في إحداث الانقباض العضلي وبالتالي لا تستخدم بصورة مباشرة في أي أداء حركي، وإنما تسهم تلك الطاقة في تكوين مركب ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP) الذي يعتبر هو المركب الماسي في عملية الانقباض العضلي ويطلق عليه أحيانا "الوقود الرئيسي للانقباض العضلي".
  1. **ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP)**

**شكل رقم 1:** شكل مبسط لبناء مركب ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP) بين الطاقة العالية لروابط الفوسفات به.

* ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP) مركب بالغ التعقيد، وهو يتركب من الأدينوزين بالإضافة إلى مجموعة الفوسفات (ATP) مركب بالغ التعقيد، وهو يتركب من الأدينوزين بالإضافة إلى مجموعة الفوسفات و الشكل (1) بين ذلك في صورة مبسطة، وهو يختزن في خلايا العضلات بكميات ضئيلة جدا، وهذا مرجعه إلى أنها لا تستطيع استيعاب كميات كبيرة منه. لاحظ أن الروابط الطرفية للفوسفات تختزن طاقة عالية.
* تنتج الطاقة المحركة للعضلات من مركب ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP) خلال تفاعل كيميائي يتم في العضلة حيث تتحرر إحدى روابط الفوسفات وينتج عن ذلك طاقة عالية هي التي تستخدمها العضلات في حركتها لإنتاج الشغل أو العمل المطلوب في مواجهتها، وفي ذات التفاعل ينتج أيضا مركب ثنائي أدينوزين الفوسفات (الشكل01) ويرمز له اختصارا (ADP) بالإضافة إلى فوسفات غير عضوtي ويرمز له إختصارا (Pi).
* تحلل مركب ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP) إلى ثنائي أدينوزين الفوسفات (ADP) وفوسفات غير عضوي (Pi) بالإضافة إلى تحرر طاقة مفيدة للإنقباض العضلي.

بمجرد حدوث التحلل الكيميائي لمركب (ATP) وتحرر الطاقة التي تحدث الانقباض العضلي فإن الكمية المخزونة منه في خلايا العضلة تنفذ، ويصبح السؤال الهام الآن هو.....من أين تأتي الخلايا العضلية بالمزيد من مركب (ATP) لمواصلة الإنقباض العضلي؟؟....والإجابة هي أنه بمجرد استهلاككمية (ATP) الموجودة في الخلية العضلية وتحرير الطاقة وإحداث الإنقباض العضلي فإنه يعاد تكوينه سريعا.......ويتم ذلك من خلال أسلوبين أساسيين يطلق عليهما نظام إنتاج الطاقة.

* 1. **نظم إنتاج الطاقة كمصدر لمركب ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP):**
* النظامان الأساسيان لإنتاج الطاقة اللازمة لإعادة تركيب ثلاثي أدينوزين الفوسفات في خلايا العضلات هما النظام الهوائي (في وجود الأكسجين) والآخر يسمى لا هوائي (بدون وجود الأوكسجين).
* النظام اللاهوائي (بدون وجود الأوكسجين) يتم خلال نظامين فرعيين هما النظام الفوسفاجيني ويرمز له اختصارا(ATP.PC) ونظام الغلكزة اللاهوائية أو نظام حامض اللاكتيك.

نظام التمثيل الغذائي الهوائي

(أكسدة الكربوهيدرات)

النظام الفوسفاجيني نظام الجلكزة اللاهوائية Stem Sy Aerobic Metabolism Anaérobique Glycolysis System Phosphagen System

(نظام atp.pc) ( نظام حامض الاكتيك)

Lactic acide system

**نظام إنتاج الطاقة**

**إعادة تكوين مركب (atp)**

**هوائيا Aerobic**

**(في وجود الأوكسجين)**

**لاهوائيا Anaerobic**

**(عدم وجود الأوكسجين)**

**شكل رقم(2): نظم إنتاج الطاقة**

* **النظام الفوسفاجيني:**

- يتم في عدم وجود الأكسجين.

- يتم الحصول على الطاقة اللازمة لإعادة تركيب (ATP) من مركب واحد آخر يسمى فوسفات الكرياتين ويرمز له اختصارا (PC) والذي يختزن أيضا في خلايا العضلات بكميات ضئيلة حيث يتحلل تحت تأثير إنزيم كرياتين فوسفوكناز

- ينتج من التفاعل السابق الكرياتين (C) وفوسفات غير عضوي (PI) بالإضافة إلى طاقة....هذه الطاقة هي التي يستفاد بها في إعادة تركيب ثلاثي أدينوزين الفوسفات، وذلك بتفاعل الفوسفات غير العضوي (PI) مع ثنائي أدينوزين الفوسفات (ADP) كما هو موضح بالشكل رقم (2)

- كما كانت كمية فوسفات الكرياتين (PC) الموجودة داخل خلايا العضلة ضئيلة وتقارب خمسة أضعاف كمية (ATP) داخلها، فإن ذلك يعني أنه إذا ما كانت كمية (ATP) تنفذ في الخلية أثناء الإنقباض العضلي في أقل من ثانية فإن كمية فوسفات الكرياتين(PC) المخزونة في العضلة تنتج طاقة يقدر زمنها بحوالي من 5-8 ثوان ثم تنفذ أيضا كما هو الحال في سباق 100م عدو مثلا. إذن فكمية الطاقة المنتجة الكلية لمركب (ATP) من هذا النظام محدودة جدا أيضا.

C:\Users\Administrateur\Pictures\img041.tif**شكل رقم (03)**: **النظام الفوسفاجيني لإعادة تكوين مركب (ATP)**

* النظام الفوسفاجيني (ATP.PC) يمثل المصدر السريع لإنتاج (ATP).
* النظام الفوسفاجيني لا يعتمد على سلسلة طويلة معقدة من التفاعلات الكيميائية لتحقيق إنتاج ثلاثي أدينوزين الفوسفات.
* تتضح أهمية النظام الفوسفاجيني في البدايات السريعة أو النماذج الحركية تتمثل فيها القدرة العضلية مثل الارتقاء في أنواع الرياضة المختلفة بشكل عام أو دفع الجلة أو التصويب، وبدون هذا النظام فإن السرعة والقدرة الحركية لا يمكن إنجازها، لأن مثل هذه الأداءات تتطلب إمداد العضلات بالطاقة خلال زمن قصير.
  + - **نظام الغلكزة اللاهوائي (حامض اللبنيك):**
* يتم في عدم وجود الأكسجين.
* هو النظام الثنائي الذي يمكن من خلاله تكوين (ATP) في العضلة في غياب الأوكسجين.
* يعتمد على تحلل غير كامل لواحد من المواد الغذائية وهي المواد الكربوهيدراتية (السكر).
* بتحوله إلى حامض اللبنيك (اللاكتيك) وينتج عن ذلك طاقة تعمل على تحويل ثنائي أدينوزين الفوسفات (ADP) إلى ثلاثي أدينوزين الفوسفات (ATP) شكل رقم 3.
* يلاحظ أن المواد الكربوهيدراتية تتحول في الجسم إلى صورة أقل تعقيدا وهي سكر الجلوكوز والذي يمكن استخدامه على الفور في شكله هذا أو أن يختزن في الكبد والعضلات في صورة غلايكوجين لإستخدامه فيما بعد.
* عندما يقوم الرياضي بأداء بدني يتطلب أقصى معدل للأداء ويستمر هذا الأداء لفترة تزيد عن 30 ثانية وتقل عن 90 ثانية عندئذ يبدأ نظام الغلكزة اللاهوائي في العمل لتلبية العضلات من مركب (ATP) حتى يمكن الاستمرار في الانقباض العضلي
* نظام الغلكزة اللاهوائي (حامض اللاكتيك) يعمل على تراكم حامض اللاكتيك في العضلة مما يؤدي إلى التعب.
* نظام الغلكزة اللاهوائي (حامض اللاكتيك) يستخدم فقط المواد الكربوهيدراتية (الجلوكوز أو الغلايكوجين) كمصدر لإنتاج ثلاثي أدينوزين الفوسفات اللازم لإنتاج الطاقة.

حامض لاكتيك + فوسفات غير عضوي + ثنائي أدينوسين الفوسفات

PI Lactic Acide (ADP)

**Glucolytic**

**جلوكوز Glucose**

جليكوجين Glycogen

(من العضلات)

طاقة

Energy

ثلاثي أدينوسين الفوسفات

(ATP)

**شكل رقم (04): نظام الغلكزة اللاهوائي (حامض اللبنيك) لإعادة تركيب مركب (ATP)**

تتضح أهمية نظام الغلكزة اللاهوائي (حامض اللاكتيك) في أنواع الرياضات التي تتطلب بذل الجهد بأقصى شدة لزمن يتراوح ما بين 30 ثانية إلى 90 ثانية.

* + - **النظام الهوائي (التمثيل الغذائي الهوائي):**

إذا ما كان هناك أسلوبان لاهوائيان لإنتاج (ATP) اللازم للإنقباض العضلي فهناك نظام واحد فقط هوائي لإنتاجه ما يطلق عليه نظام التمثيل الغذائي أو نظام أكسدة الكاربوهيدرات. أنه نظام يعمل وتتم آلياته في وجود الأكسجين.

* آلية هذا النظام تتم من خلال تحول الغلايكوجين في وجود الأكسجين إلى ثنائي أكسدة الكربون والماء، وتتحرر خلال ذلك طاقة لتبنى كمية (ATP)، إن هذه الطاقة المولدة تتطلب العديد من التفاعلات الكيميائية في وجود الأنزيمات الأكثر تعقيدا من تلك المستخدمة في النظامين السابقين.
* للنظام الهوائي ثلاث آليات فرعية متسلسلة هي الغلكزة الهوائية ودائرة كربس ونظام النقل الالكتروني.
* هناك نوعان آخران من المواد الغذائية أن يستخدما لإنتاج الطاقة اللازمة لتكوين مركب (ATP) بالنظام الهوائي، وهما الدهن Fat والبروتين إلا أن أكسدة الدهون تتطلب كمية أكبر من الأوكسجين.
* يعتمد هذا النظام على الأوكسجين المنقول عن طريق التنفس في انتاج الطاقة اللازمة لإعادة ترطيب (ATP).
* ينتج مركب (ATP) بعد فترة من الأداء البدني تزيد على 3 دقائق وقد تمتد لساعتين مثل سباحة المسافات الطويلة ومسابقات الجرى الطويلة كالمارثون والدراجات.
* هذا النظام لا يؤدي إلى تراكم حامض اللاكتيك في العضلة، وبالتالي عدم الوصول إلى حالة التعب.
* الجدول رقم (2) يوضح مقارنة للخصائص العامة لنظم إنتاج الطاقة.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **الخصائص**  **العامة**  **نظام إنتاج الطاقة** | **الإستهلاك الأقصى للأوكسجين** | **تشبع الهيموغلوبين ب o2 (مل/كغ/د)** | **كمية الهيموغلوبين (غ/ل)** | **محتوى 02 في الأوعية (مل/ل)** |
| - غير رياضي  - ر.غيرمدرب على المداومة  - ر. مدرب على المداومة | 38  52  74 | 94.0  94.5  93.0 | 158  159  151 | 200  201  188 |

**جدول رقم (02):مقارنة كميات 02 بين ثلاثة فئات**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **النشاط** | **الرجال**  **(كيلو كالوري/ الدقيقة)** | **السيدات**  **(كيلو كالوري/ الدقيقة)** | **بالعلاقة مع كتلة الجسم**  **(كيلو كالوري/ كيلو غرام/ الدقيقة)** |
| كرة السلة  الدراجات  7 ميل في الساعة  10 ميل في الساعة  كرة اليد  الجري  7.5 في الساعة  10 ميل في الساعة  الجلوس  النوم  الوقوف  السباحة  زحف 4 ميل/ساعة  التنس  المشي  4.5 ميل/ساعة  رفع الأثقال  المصارعة | 8.6  5.0  7.5  11.0  14.0  18.2  1.7  1.2  1.8  20.0  7.1  5.0  8.2  13.1 | 6.8  3.9  5.9  8.6  11.0  14.3  1.3  0.9  1.4  15.7  5.5  3.9  6.4  10.3 | 0.123  0.061  0.107  0.157  0.200  0.260  0.024  0.017  0.026  0.0285  0.101  0.071  0.117  0.187 |

**جدول رقم (03): الطاقة المبذولة خلال الأنشطة البدنية الرياضية المختلفة**

* **ملاحظة:** القيم المقدمة في هذا الجدول للرياضيين وزن 70 كيلوغرام والرياضيات وزن 55 كيلوغرام وسوف تتغير هذه القيم طبقا للفروق الفردية.
* بشكل عام، الطاقة المنتجة هوائيا تكون أكثر فاعلية من تلك المنتجة لاهوائيا، فعلى سبيل المثال حينما يحترق غلايكوجين العضلة هوائيا فإنه ينتج 37 وحدة من وحدات الطاقة في حين أن احتراقه لا هوائيا ينتج وحدتين فقط.
* إذ ما أدى الرياضيين جهدا بدنيا يتطلب إنتاج الطاقة بالنظام اللاهوائي، فإنهم يعملون بذلك على تقليل مستوى مخزون إنتاج الطاقة بالعضلات، وينتج عن ذلك زيادة أو تجاوز في مستوى حامض اللاكتيك (اللبنيك) بها الأمر الذي يجعل بالتعب.
* إذا ما استمر اللاعبون في الجهد البدني لفترة طويلة فإن الطاقة المنتجة لاهوائيا والتي هي أصلا غير كافية تعمل على استنزاف واستنفاذ غلايكوجين العضلات وتمدها بمنتجات حامضية، عند ذلك يتوقف الرياضي عن استمرار الأداء من أجل إعادة خزن مواد إنتاج الطاقة في العضلة والعمل على إزالة المنتجات الحامضية منها.
* إن هدف التدريب الرياضي من أجل تطوير نظم إنتاج الطاقة يمكن تلخيصه في نقطة واحدة هي العمل على أن تنتج العضلات كميات من (ATP) يوفر للاعب / اللاعبة الاستمرار في التنافس.