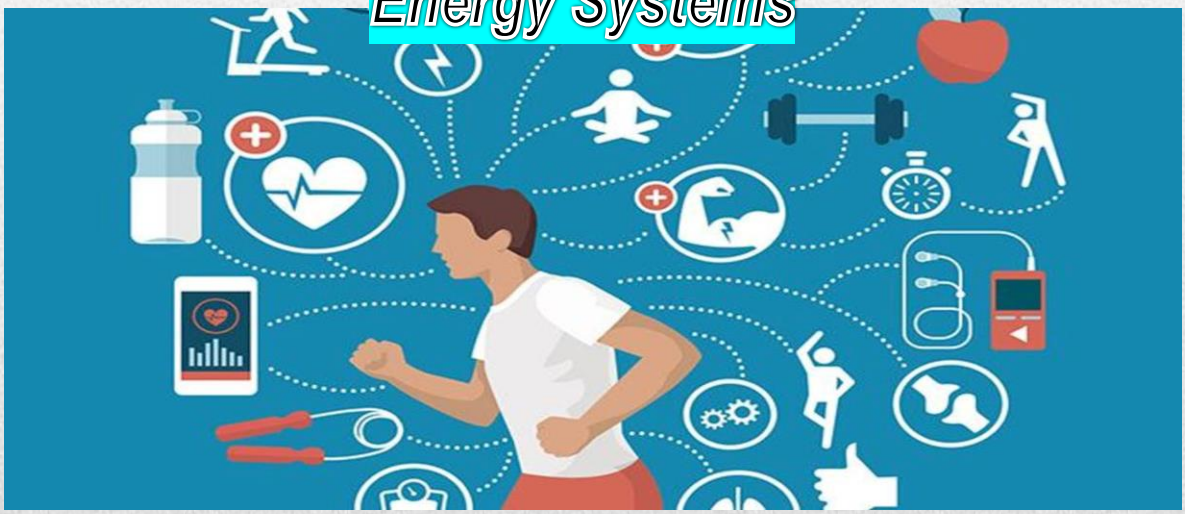
إعداد

أ.د. غصون ناطق عبد الحميد

أنظمة الطاقة

Energy Systems



محاضرة

للمرحلة الثامنة /ج2

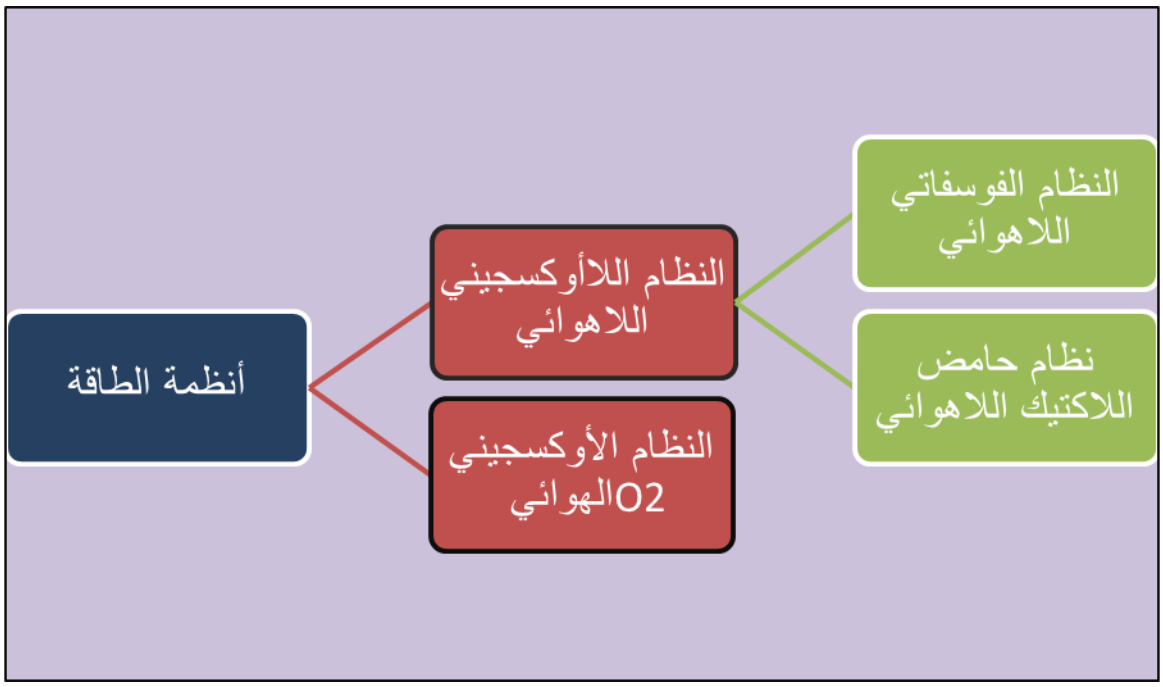
2024-2023

أنظمة الطاقة Energy- System :-

يستخدم الرياضي خلال النشاط الرياضي مخزن الطاقة في العضلات العاملة , وعندما تثار العضلة عن طريق الأعصاب تتكسر هذه المواد, وتتحرر منها الطاقة اللازمة لأحداث العمل الميكانيكي للأنقباض العضلي, ويستخدم ال ATP الذي يخزن في خلايا الجسم حيث تستخدمه الخلايا كمصدر لأنتاج الطاقة , وتكمن الطاقة في فك الأواصر الكيميائية حيث تنطلق منها الطاقة الكيميائية بشكل كبير.

ونظرا لأختلاف الأنشطة الرياضية يعضها عن بعض من حيث الزمن الذي تستغرقه وشدة العمل العضلي والراحة اللازمة خلال النشاط لذلك تحتاج مقادير مختلفة من الطاقة, مثال على ذلك الأنشطة التي تتميز بسرعة الأداء خلال فترة زمنية قصيرة (كما في عدو المسافات القصيرة والرمي والوثب) تحتاج الى كمية كبيرة من الطاقة في فترة قصيرة, بينما تحتاج الانشطة ذات الجهد المتوسط أو المنخفض ولمدة طويلة الى كمية منخفضة من الطاقة لكل وحدة زمنية, وتحتاج بعض الفعاليات الى مزيج من متطلبات الطاقة التي يمكن تأمينها عن طريق تزويد العضلات الهيكلية بالطاقة اللازمة كما في أنشطة كرة السلة وكرة اليد والتنس وغيرها .

تقسم أنظمة الطاقة الى مايلي:-



أولا :- النظام اللاأوكسجيني اللاهوائي Anarobic system

ويشمل: النظام الفوسفاتي اللاهوائي (Cp –ATP)

الذي يعرف بأنه التغيرات الكيميائية التي تحدث في العضلات العاملة لإنتاج الطاقة اللازمة لأداء مجهود بدني مع عدم استخدام اوكسجين الهواء الخارجي , ويتميز هذا النظام بسرعة أنتاج الطاقة, وأن هذ النظام يعمل في حالة عدم وجود الأوكسجين لإنتاج ال ATP , كما يوصف بعدم تكون نواتج تحوي على حامض اللاكتيك, وان كمية ال ATP الموجودة في العضلة تقدر بحوالي (5) مايكرو مول / كجم عضلي , وتستنفذ في أقل من ثانية بالجهد العضلي, لذا تعتمد العضلة على مصادر أخرى لإعادة أنتاج الطاقة في ظل غياب الأوكسجين بطريقتين معا :-يتحول ال ATP الى ثنائي فوسفات الأدينوسين ثم أعادة تكوين ال ATP كما في المعادلة التالية :

- **يتحول ATP الى ثنائي فوسفات الأدينوسين ADP**

ATP ⟵ **تحلل كيميائي** ⟵ **ADP+ Pi+طاقة**

ATP ⟶ **مايوسين** ⟶ **ADP +Pi + طاقة**

<u>عن طريق مركب الكرياتين فوسفات (CP) :-</u>

بعد نفاذ ال ATP في العضلات تبدء العضلات بأستخدام فوسفات الكرياتين CP حيث يوجد هذا المركب في العضلات بكميات قليلة تصل الى 17 مل مول/ كجم من العضلة (عند النساء 0,3 مول وعند الرجال 0,6 مول) وهو يوفر طاقة عالية الشدة وسريعة يمكن ان تستمر 15-20 ثانية , ولايمكن بنائه الا بعد انتهاء الجهد ويمكن اعتبار فوسفات الكرياتين الخزين البديل ل ATP وكما يأتي :-

1- **يستخدم الرياضيين الخزين الجلايكوجيني بعد انتهاء خزين الفوسفاتي , وان كميات ATP ,CP المخزونة في العضلات أثناء الراحة لا تحتاج الى الأوكسجين أثناء الحرق والتفاعلات, وهذا يعني ان كافة مصادر الفوسفات في الجسم تستهلك خلال 30 ثانية أو اقل من ذلك , حيث ان مخزون فوسفات الكرياتين CP في العضلات يفوق مخزون ATP بحوالي 4-6 مرات ويوفر الطاقة للجهد العضلي بحوالي 3-8 مرات ثانية, وان مخزونه يعوض في الجسم بعد 2-3 دقيقة**

مميزات النظام اللاهوائي الفوسفاتي :

- **يعمل بدون الأوكسجين تحت عملية التفاعل في السيتوبلازم في منطقة الخيوط البروتينية المايوسين والأكتين**
- **لا يعتمد هذا النظام على سلسلة تفاعلات كيميائية طويلة**
- **يعد المصدر الأول للطاقة ومصادره ATP وCP والتي يمكن الحصول عليها بشكل مباشر, أذ تخزن بالعضلات.**

- **سريع جدا في تحرير الطاقة اللازمة خلال العمل العضلي على الشدة التي تتطلب زمنا قصيرا**
- **الأنزيمات المشاركة في عملية اعادة بناء ATP هو المايوسين وأنزيم كرياتين فوسفوكاينيز**

<u>أمثلة للنشاط الرياضي وفق هذا النظام</u>

- **تتم وفق هذ النظام النشاطات التي تتطلب الحركات القوية والسريعة والأنفجارية وبشدة عالية , وبسرعة انقباض عضلي كبير مثل (الوثب والجري لمسافات قصيرة, والجهد القصوي الذي يقل عن 6 ثواني يتوافق مع متطلبات النظام الفوفسفاتي)**
- **يمكن أدراج الصفات البدنية تحت هذا النظام (القوة العظمى أو القصوى المتحركة والثابتة, السرعة , القوة المميزة بالسرعة) أذ يتميز هذا النظام بأطلاق أقصى طاقة ممكنة في أقل زمن.**

<u>ثانيا / نظام حامض اللبنيك : Lactic acid system</u>

هي طريقة أخرى للإنتاج الطاقة في ظل غياب الأوكسجين وهذا النظام يوفر طاقة عالية الشدة وسريعة, ولكن ليست قصوى كما في مصادر النظام الفوسفاتي, ويصل هذا النظام الى أقصى عمله خلال 45- 60 ثانية, أما عند استمرار الجهد لفترة طويلة فيعتمد أنتاج الطاقة على الاوكسجين في البداية ويتم تحلل الكلوكوز في البداية ويتم تحلل الجلوكوز بواسطة عدة انزيمات تضبط سلسلة التفاعلات لاأوكسجينيا (التنفس الخلوي) حيث يتحول الكلوكوز الى جزئ حامض اليروفيك في سايتوبلازم الخلية, وفي نهاية التحلل اللاهوائي للجلاكوجين تتجمع كميات من حامض اللاكتيك , لذا سمي بنظام حامض اللاكتيك.

<u>عمل نظام اللاكتيك في المجال الرياضي:</u>

يبدء عمل هذا النظام في الفعاليات الرياضية التي تستغرق اكثر من 30-1ثا وقد يستمر الى دقيقتين , في هذا النظام يتجمع حامض اللاكتيك في العضلة والدم ويصل الى مستوى عال ينتج عنه تعب مما يشكل عائقا للعضلات العاملة , ومن الجدير بالذكر أن هذا النظام لا يحتاج أكثر من (1-12) مول جلايكوجين , وذلك لكون العضلة والدم لا يتحملان وجود حامض اللاكتيك أكثر من 60-70 جم قبل ظهور التعب لأن كل جرام من الجلايكوجين ينتج 1 جم من حامض اللاكتيك وأن انتاجه يعد معوقا للأداء ومسببا التعب.

2ATP ⟶ GIOUCOSE جلوكوز

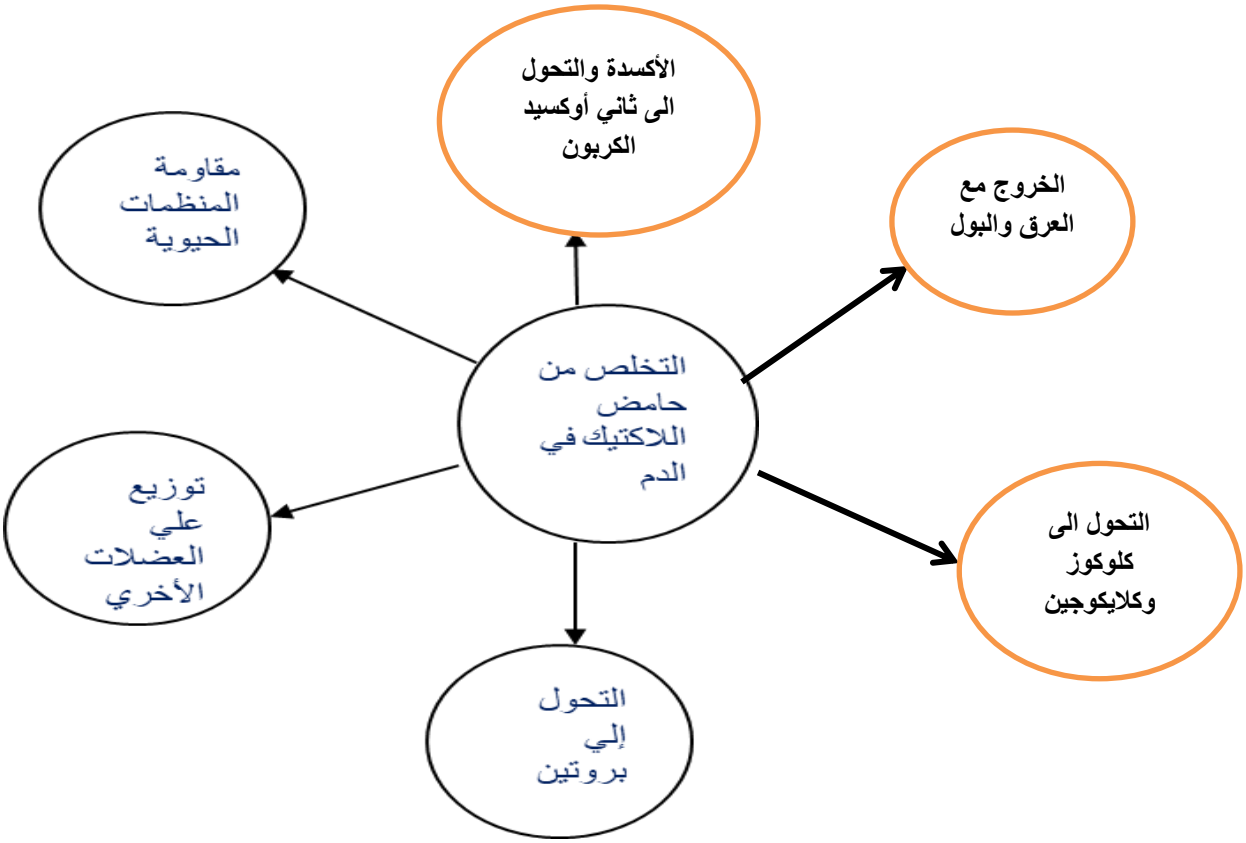
C6H12O6+ 2 ADP + 2Pi ⟶ 2ATP+ 3C3H6O3 حامض اللبنيك

جلوكوز

Glycogen جلايكوجين ⟶ 3ATP

<u>مميزات نظام حامض اللاكتيك (اللاهوائى)</u>

- **يعمل بدون وجود الأوكسجين**
- **تحدث التفاعلات في السيتوبلازم قرب الخيوط البروتينية المايوسين والأكتين**
- **مصدر الطاقة فيه الجلوكوز وموجود في العضلات على شكل حبيبات كلايكوجينية في السيتو بلازم**
- **سريع في تحرير الطاقة وخاصة النشاطات العضلية الشديدة والتي تستغرق فترة قصيرة كالعدو 200 متر و 400 متر**
- **يدوم فترة 1-3 دقائق**
- **أنتاج الطاقة الكيميائية فيه محدود أذ تتكون 3 جزيئات ATP وتتطلب 10 تفاعلات**
- **مخزون الطاقة محدود بالعضلة**
- **ينتج عن ذلك حامض اللبنيك أ, اللاكتيك الذي يسبب التعب العضلي**
- **انزيم هذا النظام لزيادة التحلل هو انزيم فوسفوفركتوكاينيز PEK**



ثالثا /النظام الهوائى Aerobic system

يعرف على أنه التغييرات الكيميائية التي تحدث في العضلات لأنتاج الطاقة اللازمة للجهد البدني بأستخدام الأوكسجين الخارجي .

يكون أنتاج الطاقة أوكسجينيا في الانشطة التي تعتمد على كفاية الجهاز الدوري التنفسي في توصيل الأوكسجين الى العضلات العاملة والتخلص من النواتج الكيميائية المختلفة , ومن الجدير بالذكر أن مقدار الطاقة المتولدة في المصادر اللاهوائية تعتمد على قدرة الرياضي ومطاولته في تحمل حامض اللبنيك المتراكم, وكلما قلت شدة النشاط أو أستمر لفترة من 2-4 دقائق يقل الاعتماد على المصادر اللاهوائية لإنتاج الطاقة ويكون انتاجها بالطرق الهوائية باستخدام الأوكسجين, وفي الأنشطة التي تستمر أكثر من 4 دقائق يعتمد بشكل اساسي النظام الأوكسجيني لإنتاج الطاقة.

لاهوائيا $C_3H_6O_3$ حامض اللبنيك $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$ + حامض البايروفيك $C_3H_4O_3$

ATP $\rightarrow$ ADP + طاقة + Pi

ADP + Pi + طاقة $\xrightarrow{\text{جلكزة هوائية}}$ ATP

المواد الغذائية ⟵ طاقة + $H_2O + CO_2$

مميزات النظام الهوائي :-

- **يستخدم هذا النظام في الأنشطة الرياضية التي تستمر لفترة طويلة .**
- **يعمل بوجود الأوكسجين**
- **ان سرعة أنتاج الطاقة في هذا النظام بطيئة قياسا ببقية الأنظمة الأخرى (النظام الفوسفاتي ونظام حامض اللبنيك)**
- **الطاقة الأوكسجينية كبيرة من حيث كميتها وفترة دوامها كما في العاب المطاولة (جري مسافات طويلة مثل جري 5000 متر والمراثون) اي أنشطة التحمل**
- **يعمل في التدريبات المنخفضة الشدة**
- ***يعد ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن هذا النظام هو المسبب للتعب من خلال انتقاله من العضلات الى الدم والرئتين***
- ***مصدر الطاقة في الجلايكوجين والدهون والبروتينات ويتطلب اشراك مصدرين من المركبات الطاقة الغذائي (كلوكوز , حامض دهني) والكلوكوز في الكبد***
- ***انتاج الطاقة فيه كبير وغير محدود , وتعتمد التفاعلات فيه على توفير الأوكسجين الذي بدوره يعتمد على الجهازين الدوري والتنفسي***
- ***لا يحدث تعب عضلي مصاحبا لإنتاج الطاقة***

العوامل التي تؤثر سلبا على أستمرار النظام الهوائي

1- فقدان السوائل والأملاح
2- النقص الكبير في مخزون الكلوكوز المغذي الأساسي لعمل الجهاز العصبي المركزي
3- نقص الجلايكوجين في العضلة يؤثر بشكل مباشر على أستمرار عملها

التداخل بين نظم أنتاج الطاقة

تتفاعل أنظمة الطاقة في جسم الأنسان , ولا يبدو أن نظام مستقلا عن الاخر, حيث ان هناك ترابط بين هذه الأنظمة وتعاقبها حيث يسود نظام معين في أنشطة محددة مثلا (سباق عدو 100 متر – 200 متر) النظام السائد الفوسفاتي اللاهوائي في الكره الطائرة والمصارعة حيث يشكل اللاهوائي الفوسفاتي 90% والهوائي 10% ويلاحظ كلما تقل سرعة الأداء وتزيد المسافة فأن النظام يتحول الى حامض اللاكتيك أو الهوائي كمصدر لأمداد الطاقة ,

ويتفاعل نظام حامض اللاكتيك مع النظام الهوائي كما في جري 400-800 متر. كما موضح في الجدول ادناه لتوزيع الانشطة الرياضية وفق نظام الطاقة السائدة

اسهامات نظم الطاقة وفقا لزمن الشغل البدني

زمن الشغل	طاقة لاهوائية فوسفاتية	طاقة لاهوائية لاكتيكية	طاقة هوائية
5 ثا	%85	%10	%5
10 ثا	%50	%35	%15
30 ثا	%15	%65	%20
1 دقيقة	%8	%62	%30
2 دقيقة	%4	%46	%50
4 دقيقة	%2	%28	%70
10 دقيقة	%1	%9	%90
30 دقيقة	%1	%5	%95
1 ساعة	%1	%2	%98
2 ساعة	%1	%1	%99