المحاضرة الأولى ـــ مدخل لـــ فسيولوجيا الجهد البدني

فسيولوجيا الجهد البدني علم انبثق من علم الفسيولوجيا الذي يهتم بدراسة وظائف أعضاء الجسم على المستوى ألجهازي والنسيجي والخلوي ؛ **وتعرف** فسيولوجيا الجهد البدني بأنها العلم الذي يبحث في **استجابة وظائف أجهزة الجسم المختلفة للجهد البدني،وتكيفها للتدريب أي** هو العلم الذي يتناول دراسة استجابة (Response) وظائف أعضاء الجسم وتكيفها (Adaptation) لكل من الجهد البدني والتدريب .

المجالات التطبيقية لفسيولوجيا الجهد البدني : شملت ما يلي :

- **المجال الصحي:** يهتم بدراسة تأثير النشاط البدني على الصحة العضوية والنفسية .
- **المجال الرياضي** : يهتم بدراسة درجة تأثير العوامل الفسيولوجية المرتبطة بالأداء البدني والمؤثرة عليه في شتى الظروف البيئية وإجراء التقويم الفسيولوجي للرياضيين بغرض مراقبة التحسن الحاصل في أداءهم الرياضي.
- **مجال الطاقة والتغذية :** يهتم بالبحث في مصادر الطاقة الضرورية للنشاط الجسم وتبيان نسبة وزمن استخدامها وأهميتها حسب نوع النشاط الهوائي و اللاهوائي ، ومن ثم التحكم في برنامج التغذية الرياضية السليمة الضرورية للرياضي قبل وأثناء وبعد الجهد البدني .
- **أهمية الفسيولوجيا في التدريب الرياضي:** فسيولوجيا التدريب الرياضي يهتم بدراسة التغيرات الفسيولوجية التي تحدث أثناء التدريب بشكل عام على وظائف أجهزة الجسم المختلفة مثل (الجهاز العضلي ، الجهاز العصبي، الجهاز الدوري.....الخ

إن التدريب لمرة واحدة يحدث ردود أفعال للأجهزة الوظيفية نتيجة هذا النشاط ومن ثم يحدث ما يسمى ((بالاستجابة)) وهي عبارة عن **تغيرات مفاجئة مؤقتة** تحدث في وظائف أعضاء الجسم نتيجة للجهد البدني الممارس لمرة واحدة ، هذه التغيرات تختفي وتزول بزوال الجهد ومنها ((زيادة معدل ضربات القلب ، ارتفاع ضغط الدم وخصوصاً الانقباضي ، زيادة عدد مرات التنفس)). أما إذا كانت مزاولة النشاط البدني لعدة مرات فإن هذه التغيرات الفسيولوجية تحدث لدى الأجهزة الوظيفية وتستمر بالتطور إلى أن تصبح **حالة تكيف** لهذه الأجهزة على الحالة الوظيفية الجديدة وهذا ما يطلق عليه المصطلح الفسيولوجي ((التكيف)) وتشمل تغيرات وظيفية وبنائية مثل: (نقص عدد ضربات القلب وقت الراحة، زيادة حجم الضربة ، زيادة حجم الناتج القلبي ، قدرة القلب على ضخ أكبر كمية من الدم إلى العضلات العاملة أثناء الجهد مع الاقتصاد في صرف الطاقة)) ، فضلاً عن تكيف الجهاز العصبي .

- **تعريف التكيف :** التكيف هو تغير في البناء أو الوظيفة يحدث بصفة خاصة كنتيجة لتكرار مجموعة من التمرينات البدنية. ويقصد بالتكيف التغيرات الوظيفية والعضوية التي تحدث في جسم الكائن الحي نتيجة لمتطلبات (أحمال) داخلية وخارجية حيث يعكس التكيف مدى صلاحية الأعضاء الداخلية لمواجهة المتطلبات ويعتبر التكيف أحد الأسس الهامة لعملية التدريب الرياضي.
- **أنـــواع التكيف** : هناك نوعان من التكيف هما :

-**التكيف الوظيفي :** هو التكيف الذي يحدث في الأجهزة الوظيفية والذي يؤدي إلي تحسين كفاءة أدائها لوظائفها وهذه الأجهزة هي كل من الجهاز الدوري و التنفسي والعصبي والعضلي والغدد الصماء وكل من الجهاز الإخراجي والهضمي

- **التكيف المورفولوجي** : وهو التكيف الذي يحدث في أحجام وأبعاد الأجهزة العضوية المشار إليها سلفاً .
- **العوامل المؤثرة في درجة التكيف** : هناك عاملان أساسيان يؤثران في درجة التكيف هما :
- الأحمال التدريبية التي يؤديها اللاعب . - مرحلة النمو التي يمر بها اللاعب .

أهم التكيفات (التغيرات) الحادثة في الأجهزة الوظيفية داخل جسم اللاعب والناتجة عن التدريب الرياضي كما يلي :

- تحسن في وظائف القلب والدورة الدموية والتنفس وحجم الدم المدفوع . - تحسن كفاءة الإثارة العصبية والعمل العضلي والأربطة والعظام . - تحسن النشاط الهرموني والإنزيمي . - زيادة مخزون إنتاج الطاقة في الخلايا العضلية.

المحاضرة الثانية ـــ المصطلحات الأساسية في فسيولوجيا الجهد البدني.

- **المصطلحات الأساسية في فسيولوجيا الجهد البدني:**

يتطلب الفهم الصحيح لعلم فسيولوجيا الجهد البدني معرفة وفهم مختلف المصطلحات المتداولة فيه والتي من أهمها:

- **النشاط البدني** : هو كل سلوك حركي يؤديه الفرد لغرض العمل أو الترويح أو العلاج أو الوقاية سواء كان عفويا أومقصودا .

- **الجهد البدني :** يعني كل نشاط بدني مبني على تخطيط مسبق وفق برنامج مضبوط ذو طابع بنيوي يؤدى بانتظام الغرض منه تنمية عنصر أو مختلف عناصر اللياقة البدنية والمحافظة عليها .

- **الاستجابة** :تعني التغيرات الآنية "الحادة" التي تحدث لوظائف الجسم بعد القيام بجهد مثال:استجابة في ارتفاع نبضات القلب ثم العودة لحالتها بعد التوقف عن الجهد بمدة معينة، وزيادة وتيرة التنفس (عبارة عن ردود الأفعال التي تحدث في الأجهزة الداخلية (تغير في البناء أو الوظيفة) عند التدريب لمرة واحدة).

- **التكيف** : تغير في البناء أو الوظيفة كنتيجة لتكرار مجموعة من التمرينات البدنية ، يعني هذا المصطلح التغيرات الدائمة (المزمنة) لوظائف أعضاء الجسم .

- **حجم التنفس** : هو حجم هواء الشهيق أو الزفير في دورة تنفسية واحدة ويصل في المتوسط أثناء الراحة إلى **500** مللتر وهو أيضاً حجم الهواء الذي يدخل الرئتين أثناء الشهيق ويغادرهما أثناء الزفير.

- **حجم الضربة** : حجم الدم الذي يضخه البطين الأيسر في كل ضربة من ضربات القلب ، ويبلغ في الراحة لدى الشخص العادي حوالي **70** مللتر .

- **نتاج القلب:** هو كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة ، وهو نتاج حاصل ضرب حجم الدفعة (الضخة) في عدد ضربات القلب في الدقيقة ، ويبلغ لدى الشاب السليم في الراحة حوالي **05** لترات في الدقيقة ، ويرتفع إلى حوالي **20** لتراً في الدقيقة أثناء الجهد البدني الأقصى ، ويصل إلى حوالي **30** لتراً في الدقيقة أو يزيد لد بعض الرياضيين.

- **ضغط الدم :** هو الضغط الذي يحدثه جريان الدم (المدفوع من القلب) على جدران الأوعية الدموية وكذلك مقاومة الأوعية الدموية لجريان الدم ، وعادة ما يكتب على شكل رقمين أحدهما بسط والآخر مقام ، ويسمى الرقم الأعلى بالضغط الشرياني الانقباضي (أي أثناء انقباض القلب) ، والآخر بالضغط الشرياني الانبساطي (أي أثناء انبساط القلب) ، يبلغ الضغط الاعتيادي لدى الشاب السليم **120 / 80** مليمتراً زئبقياً أثناء الراحة.

- **الهيموجلوبين :** يسمى أيضاً خضاب الدم ، وهو مركب بروتيني يتكون من بروتين يسمى جلوبين Globin وأربع مجموعات تحتوي على عنصر الحديد تسمى هيم (Heme) وإليه يعزى اكتساب الدم اللون الأحمر نظراً لاحتوائه على عنصر الحديد، ويعد الهيموجلوبين عنصراً مهماً في نقل الأكسجين من الحويصلات الرئوية إلى أنسجة الجسم المختلفة، حيث تتحد كل ذرة حديد فيه مع جزيء الأكسجين.

المحاضرة الثالثة ـــ الجهاز العضلي والجهد البدني

تشكل العضلات حوالي **(40٪** الى **50 ٪**) من وزن الجسم ، ويحتوى الجسم على أكثر من **600** عضلة ، ومن البديهي ان يكون لهذه العضلات نهايتين الأولى تسمى النهاية الثابتة أو المنشأ ، والثانية تسمى نهاية متحركة أو المغرز ، وهناك بعض العضلات تنغرز في الجلد كعضلات الوجه وفروة الرأس كما تؤثر أيضا العضلات في الكثير من العمليات الحيوية الأخرى مثل حركة الدورة الدموية والتنفس وغيرها.

- **خصائص العضلات :** هناك بعض الخصائص العامة التي يتميز بها النسيج العضلي ليستطيع أداء وظائفه ومن أهمها ما يلي:

- **قابلية الإثارة** :هي القدرة على الاستجابة للمثير لتصبح نشطة سواء كان هذا المثير حراريا أو كيميائيا أو كهربيا.

- **قابلية التقلص** (الانقباض): يمكن للعضلة أن تقصر في طولها وتصبح أكثر سمكاً ، ويحدث الانقباض العضلي إما تحت سيطرة الجهاز العصبي الإرادي كما في العضلات الهيكلية ولاإرادية كما في العضلات الناعمة وعضلة القلب.

- **خاصية المرونة** :تتميز العضلة بقدرتها على المرونة فإذا ما وقعت تحت شد معين فأنها تعود مرة أخرى لنفس طولها .

- **خاصية النغمة العضلية:**هي الاحتفاظ بانقباض بسيط وباستمرار حتى في حالة الراحة بالعضلات الإرادية ، ويتم ذلك عن طريق تبادل العمل والراحة فيما بين الألياف العضلية وبعضها البعض. (النغمة العضلية : تعرف بأنها ((الانقباض الضعيف الناشئ من انقباض بعض اللويفات العضلية)) ،وتختلف عدد اللويفات المنقبضة في النغمة العضلية باختلاف وضع الجسم (وقوف – جلوس) .

- **خاصية سرعة الاستجابة:** هي قدرة الألياف العضلية على أن تنقبض أو تنبسط في فترة زمنية قصيرة جدا قد لا تزيد عن عشر الثانية **(60/6)** من الثانية في درجة الحرارة العادية و بذلك تشكل أسرع انقباضاً أو انبساطاً من العضلات الإرادية وعضلة القلب .

– **وظائف الجهاز العضلي :** - المحافظة على توازن الجسم وثباته

- تحريك الجسم ،وحمايته من الصدمات .
- العضلات تنتج الحرارة الداخلية بالانقباض .
- تحريك الطعام من خلال الجهاز الهضمي.
- دفع الهواء إلى الرئة خلال عملية التنفس .
- تحريك اللسان كي ينطلق بالكلام.

- أنواع العضلات :هناك ثلاثة أنواع من العضلات وهي :

1- العضلات المخططة الإرادية: 2- العضلات اللاإرادية أو الملساء : 3- العضلة القلبية :

- تصنيف العضلات حسب الوظيفة : تصنيف العضلات حسب وظيفتها أي العمل الذي تؤديه في الجسم أو العضو كما يلي : (- عضلات مثنية - عضلات باسطة - عضلة مقربة - عضلات مبعدة - عضلات رافعة - عضلات خافضة)

وتوجد عدة وظائف أخرى مثل : عضلات دوارة ، باطحة ، كابة ، ساحبة ، مضيقة ، موسعة .

وتقسم العضلات حسب حركتها إلى:

أ- محركة بادئة : عندما تكون العضلة هي البادئة بالحركة ، مثل العضلة رباعية الرؤوس لمد الساق.

ب- محركة مساعدة للمحركة البادئة .ج- محركة معارضة عندما تتحرك بالاتجاه المضاد للمحركة البادئة .

د- مثبتة وهي العضلة التي تنقبض ولا تتحرك بذاتها بل تثبت أصل العضلة البادئة ، من أجل أن تكون الحركة البادئة أقوى وأحسن.

- الليف العضلي : يحتوي الليف العضلي على الآلاف من الليفات العضلية والتي تحتل أكبر المساحة ولا تترك إلا القليل منها للسيتوسول ، من هذه الليفات ما هو قابل للتقلص كالأكتين (Actin) والميوسين (Myosin) ومنها ما هو تنظيمي كالتروبونين (Troponin) والتروبوميوسين (Tropomyosin) ومنها ما هو إضافي كالتينين (Tinin) والنيبيولين.(Nebulin)

- الجهاز العضلي والتغيرات المصاحبة للجهد البدني:

تنقسم هذه التغيرات على حسب نوع الممارسة الرياضية والمحافظة عليها فنجد أن هناك نوعان من التغيرات هما:

أولا : تغيرات مؤقتة : تحدث بعد وحده تدريبية واحدة تتمثل هذه التغيرات فيما يلي :

- زيادة تدفق الدم الوارد للعضلات العاملة بكثافة.
- زيادة حجم أو محيط العضلات.
- زيادة توتر العضلات العاملة في النشاط الرياضي
- انخفاض مخزون العضلات من مركبات الطاقة

ثانيا : تغيرات دائمة : تحدث بعد التدريب المستمر " موسم تدريبي " وتتمثل هذه التغيرات فيما يلي :

- التغيرات المورفولوجية " تتمثل فيما يلي :

- زيادة في حجم الجهاز العضلي
- زيادة حجم الألياف العضلية نتيجة زيادة المقطع العضلي
- زيادة كثافة الشعيرات الدموية

- التغيرات الفسيولوجية :

- زيادة عدد الألياف العاملة بالعضلة أو المجموعات العضلية المدربة.
- زيادة مساحة سطح الدورة الدموية ، أي الشبكة الوعائية المغذية للعضلات الهيكلية بالأكسجين ومصادر إنتاج الطاقة.
- زيادة عدد الألياف العصبية والنهايات الفرعية المغذية للألياف العضلية
- زيادة وزن العضلة والمقطع العرضي لها، أي حجم العضلة المدربة .
- زيادة عدد أجسام الميتوكوندريا ، وتناسب ذلك ونوع النشاط التخصصي.

- التغيرات العصبية : تتلخص التغيرات العصبية المرتبطة بالجهاز العضلي فيما يلي :

- زيادة تنشيط الجهاز العضلي.

- تحسن تزامن عمل الوحدات الحركية.
- تخفيض ردود الأفعال المنعكسة التثبيطية.
- **التغيرات البيوكيميائية والبنائية :** يؤدى الانتظام في برامج تدريبات التحمل إلى حدوث تغيرات بيوكيميائية وبنائية في الليفة العضلية وتشمل :
- زيادة مصادر الطاقة الأساسية مثل ATP بنسبة **18** ٪ والفوسفوكرياتين بنسبة **22** ٪ والجليكوجين بنسبة **66.**٪
- زيادة إنزيمات الطاقة اللاهوائية عن طريق الجليكوجين
- تغيرات في نشاط إنزيمات تحويل ATP مثل مايوكينيز Myokinase والكرياتين فوسفو كرياتين
- نقص كثافة وحجم الميتوكوندريا نتيجة زيادة حجم اللويفات وحجم الساركوبلازم.
- بعض التضخم في الألياف العضلية السريعة كما تظهر في زيادة نسبة الألياف السريعة إلى البطيئة.
- **التغيرات الأنثروبومترية**:تتمثل هذه التغيرات في القياسات العضلية مثل " طول العضلة – محيط العضلة..... وغيرها."

المحاضرة الرابعة ـــ الجهاز الدوري والجهد البدني

يعتبر الجهاز الدوري احد أهم الأجهزة في جسم الإنسان وبالتعاون مع الأجهزة الحيوية الأخرى في جسم الإنسان وتتحدد وظائف الجهاز الدوري في العناصر الآتية : – التوزيع - التخلص – النقل – المحافظة –الوقاية .

1- القلب : يتألف من أربع تجاويف منفصلة و أربعة صمامات وهو الذي يتولى استمرار الدورة الدموية سائرة إلى جميع أنحاء الجسم يضخ حوالي **70 مليلتر** في كل نبضة و هذا يساوي **5ل/د** في حالة راحة أما في حالة المجهود فترتفع هذه الكمية إلى ستة أضعاف أي **30ل/د** .

2- قياسات حجم القلب : يبلغ متوسط طول القلب **14 سم** و متوسط عرض القلب **12 سم** ، وزن قلب الرجل الغير الرياضي **300** غ ، وزن قلب الرجل الرياضي **500** غ ، وزن قلب المرأة الغير الرياضية **250غ** ، وزن قلب المرأة الرياضية **300** غ .

و يبلغ حجم القلب بالنسبة للرجال في المتوسط **700- 800** سم^3 والسيدات **500- 600 سم^3** ويزيد عادة بالنسبة للرياضيين بحولي **100 - 300** سم^3 ويمكن أن يصل في بعض الأحيان إلي **1000 - 1200سم3**

3- الخصائص الفسيولوجية لعضلة القلب:

هناك مجموعة من الخصائص التي تنفرد بها عضلة القلب وتتميز بها عن باقي العضلات الأخرى ومن أهم هذه الخصائص:

- الخاصية اللاإرادية (العمل ذاتيا) - الخاصية الإيقاعية - الخاصية الانقباضية - خاصية التوصيل.

4- التغيرات والتكيفات الفسيولوجية لعضلة القلب المصاحبة للجهد البدني

- **تغيرات مؤقتة** : تتمثل فيما يلي :
- زيادة مساحة المقطع العرضي للقلب
- التناسب العكسي فيما بين حجم القلب ومعدل النبض .
- اتساع الشريانان التاجيان المغذية لعضلة القلب بالغذاء والأكسجين
- زيادة قوة انقباض العضلة القلبية.
- ارتفاع معدل النتاج القلبي وضخ كمية اكبر من الدم بأقل عدد من الضربات .
- زيادة سمك البطين الأيسر بتقدم العمر التدريبي والحالة التدريبية.

تغيرات دائمة : تتمثل فيما يلي :

- القدرة علي التكيف وبسرعة مع العبء الملقي على القلب .
- سرعة الاستجابة للتأثيرات العصبية المنبهة لحجم الضربة ومعدل القلب .
- التناسب فيما بين معدل القلب وبين نوع النشاط الرياضي التخصص الممارس في حالة الراحة وأثناء النشاط.
- التناسب فيما بين ضغط الدم الانقباضي وضغط الدم الانبساطي وبين نوع النشاط الممارس.
- زيادة الفترة الفاصلة بين كل انقباضه قلبية وأخرى.
- سرعة عودة اللاعب إلي الحالة الطبيعية بانتهاء الجيد البدني.

5- الدفع القلبي أو نتاج القلب : هو كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة الواحدة باللتر أو المليلتر، ويقصد به الدم المدفوع من البطين الأيسر، ويتراوح حجم الدفع القلبي مابين **5- 6 ل/د** لدى الشاب السليم المتوسط الحجم ، أما أثناء الجهد البدني الأقصى لدى الشاب غير رياضي يبلغ حوالي **20** ل/د أما لدى الرياضي فقد يصل حجم نتاج القلب الى حوالي**30** ل/ د

ينتج الدفع القلبي من ناتج ضرب معدل القلب في حجم الضربة. **الدفع القلبي= معدل القلب X حجم الضربة.**

وعلى سبيل المثال: إذا كان حجم الضربة = **70** مليلترا ، ويبلغ معدل القلب = **70** نبضة/د فإن حجم الدفع القلبي يحسب في هذه الحالة كالتالي: **الدفع القلبي** = **70X70** = **4900** مليلترا (5 لترات تقريبا).

فالدفع القلبي يعتمد على عاملين هما:

- **حجم الضربة** Stroke Volume (SV): وهي كمية الدم التي يدفعها القلب مع كل ضربة من ضرباته.يبلغ لدى الشاب غير متدرب حوالي **60** ملل ويرتفع أثناء الجهد ليبلغ **100** إلى **110ملل**، أما الشخص الرياضي في حالة الراحة فيبلغ حجم الضربة **80** ملل ،ويزداد في حالة الجهد البدني الأقصى من **150** إلى **160** ملل وقد يبلغ **200** ملل.

- **معدل القلب** Heart Rate (HR): وهو عدد ضربات القلب في الدقيقة الواحدة.

6- تأثير الجهد البدني على الدفع القلبي:

أ- تأثير الجهد البدني على الدم:يؤدي الانتظام في التدريب إلى حدوث تغيرات فسيولوجية في الجسم ككل،مثل الاقتصاد في الجهد أثناء العمل العضلي،وعليه فإن عمل القلب يتكيف مع التدريب الرياضي نتيجة لزيادة حجم الدم المدفوع في كل ضربة من ضربات القلب أثناء أداء الجهد البدني ، فعند العمل العضلي يزيد ضغط الدم الداخل تجويف القلب وهذا يؤدي إلى زيادة ارتخاء عضلة القلب ويزيد حجم تجويف البطين وتزيد سعة البطين الانبساطية في حجمها أثناء الراحة ويسمى الفرق بينهما في هذه الحالة (الحجم الإضافي الاحتياطي)، ويؤدي التدريب الرياضي المنتظم إلى **نقص النغمة العضلية الانبساطية** ، وبناءا على انتظام التدريب يزيد طول الألياف العضلية للقلب كنتيجة للتغيرات التشريحية المرتبطة بنشاط .

ب - الدفع القلبي لدى الرياضيين:لا يختلف حجم الدفع القلبي في الدقيقة لدى الرياضيين وغير الرياضيين أثناء الراحة سواء كان ذلك بالنسبة للرجال أو السيدات.ويتأثر حجم الدفع القلبي ببعض القياسات الأنتروبومترية كطول الجسم ووزنه .

ج- الدفع القلبي للرياضيين طوال القامة وقت الراحة: إن دراسة الدفع القلبي للرياضيين طوال القامة والعمالقة من الرياضيين الأصحاء (بدون أي خلل هرموني) تجذب الباحثين ، وقد قام **كاريمان** وآخرون بدراسة **32** لاعب من طوال القامة ، وقد قسمت المجموعة تبعا للطول إلى مجموعتين ، ويوضح الجدول أدناه نتائج الدراسة.

الخصائص الفسيولوجية	مجموعة الطوال 190- 199 سم	مجوعة الطول 200- 215سم
الدفع القلبي (لتر/دقيقة)	5.50	6.53
حجم الضربة(مليلتر)	90.9	99
معدل القلب(ضربة/دقيقة)	61.6	66.1
معامل القلب (لتر/دقيقة/متر)	2.50	2.68
استهلاك الأكسجين (مل/دقيقة)	440	571
اخراج CO_2(مل/دقيقة)	311	409
الكفاءة البدنية (كلغ/متر/دقيقة)	1845	1715

ويلاحظ من الجدول أن مقدار الدفع القلبي وحجم الضربة ومعدل القلب أكبر لدى المجموعة الأكثر طولا، فإن سبب زيادة الدفع القلبي وحجم الضربة لدى الرياضيين طوال القامة بالمقارنة مع الرياضيين ذوي الأطوال العادية يمكن تفسيره بارتفاع مستوى التمثيل الغذائي لدى طوال القامة أثناء الراحة .ويلاحظ أن المستوى العالي من الدفع القلبي التي تلاحظ لدى الرياضيين طوال القامة أثناء الراحة لا تعطي لهم ميزة التفوق أثناء أداء الحمل البدني وتدل على ذلك المقارنة بين مستوى الكفاءة البدنية لدى المجموعتين حيث تزيد لدى المجموعة الأقل طولا.

7- الدم : يعتبر الدم نسيج سائل احمر اللون يجري داخل الجسم من خلال الأوعية الدموية (الأوردة والشرايين والشعيرات الدموية) ؛ و يتكون الدم من : - خلايا الدم الحمراء - خلايا الدم البيضاء - الصفائح الدموية - بلازما الدم

وظائف الدم :

-نقل الأكسجين الى خلايا الجسم و التخلص من ثاني أكسيد الكربون

- نقل الهرمونات المختلفة من الغدد الى الأعضاء و أجهزة الجسم

- حماية الجسم من المكروبات و الأمراض و كسب المناعة اللازمة ضد بعض الامراض بواسطة كرات الدم البيضاء

- حماية الجسم من النزيف و ذلك بواسطة الصفائح الدموية - نقل المواد الغذائية بعد هضمها الى جميع خلايا الجسم

- بواسطة الدم يمكننا التعرف على كثير من الأمراض التي يصاب بها الفرد بواسطة تحليله للتعرف على نسبه و مكوناته .

8- تأثير الجهد البدني على الدم: يؤدى التدريب الرياضي إلى حدوث تغيرات وهذه التغيرات نوعان، منها ما هو مؤقت، أي تغيرات تحدث بصفة مؤقتة كاستجابة لأداء النشاط البدني ثم يعود الدم إلى حالته فى وقت الراحة ، ومنها ما يتميز بالاستمرارية نسبيا ، وهي تغيرات تحدث في الدم نتيجة للانتظام في ممارسة التدريب الرياضي لفترة معينة مما يؤدي إلى تكيف الدم لأداء التدريب البدني وتشمل هذه التغيرات ما يلي :

أ- زيادة حجم الدم وحجم الهيموجلوبين والكرات الحمراء.

- **كرات الدم الحمراء** مقعرة ومستديرة وليس لها نواة وتحتوي علي الهيموجلوبين والماء ودهون وسكريات وأملاح ومواد بروتينية عمرها في جسم الإنسان حوالي **120** يوم وتتجدد بنفس سرعة فقدها ويتولى عملية تنظيم تجديد هذه الخلايا هرمون أرثربوتين ويفرز من الكليتين ومهمة خلايا الدم الحمراء هي حمل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون . عدد كرات الدم الحمراء في الرجل حوالي **5 مليون في 1ملم^3** أما عددها في المرأة فهي حوالي **4,5 مليون في 1ملم^3.**

- **تغيرات كريات الدم الحمراء** استجابة لأداء الجهد البدني كما يلي:

النوع الأول : يلاحظ زيادة كرات الدم الحمراء نتيجة النشاط العضلي بحيث تصبح **5,50 - 6** مليون في **1**ملم^3 وفي نفس الوقت لا تتغير النسبة المئوية للهيموغلوبين ؛ وهذا النوع من تغيرات الدم يلاحظ بعد النشاط البدني ذو الشدة العالية في فترة زمنية قصيرة.

النوع الثاني : يزداد نشاط الأعضاء المسئولة عن **تكوين خلايا الدم** وفي نفس الوقت تقل بدرجة بسيطة كرات الدم الحمراء مع زيادة كبيرة في انخفاض نسبة الهيموجلوبين ، كما يزيد نشاط أنزيمات الدم ويمكن أن يعود الدم إل حالته الطبيعية بعد هذا النوع من التغيرات خلال يومين ويلاحظ هذا النوع من التغيرات عادة بعد العمل العضلي المرتفع الشدة ولفترة طويلة.

النوع الثالث : تحدث تغيرات مصاحبا لبعض الأنشطة البدنية ذات الحمل المرتفع جدا لفترة طويلة (سباقات الدراجات التي تستمر عدة أيام) حيث تهبط وظائف أعضاء تكوين الدم ، وبناء على ذلك يقل عدد كرات الدم الحمراء بدرجة كبيرة ، كذلك يقل محتوى الدم من الهيموجلوبين وتنخفض المؤشرات الملونة للدم ويمكن أن يستمر الاستشفاء إلى 6 أيام ، وهذا النوع من التغيرات يدل على زيادة حالة التعب .

- **كرات الدم البيضاء** تختلف عن كريات الدم الحمراء بعدم وجود الهيموجلوبين ولكنها تتميز عنها بوجود نواة وفي الحقيقة فإن اللون الأصلي لهذه الخلايا يعتبر شفافاً لكنه نتيجة لانعكاس الضوء فهو يظهر تحت المجهر باللون الأبيض. ويبلغ عددها من **4000** إلى **10** آلاف في المليمتر المكعب من الدم وتكون علي خمس صور هي :

- **الأولي:** الخلايا العدلة أو متعددة أشكال النواة المعتدلة (النتروفيل) : Neutrophil تعتبر خط الدفاع الأول ضد العدوى

- **الثانية :** الخلايا الحمضية : **الإيزينوفيل** éosinophile: تتزايد وتتكاثر عند ارتفاع درجة حرارة الجسم تفرز مادة **الهستامين** التي تؤثر على الأوعية الدموية فتسبب اتساعها .

- **الثالثة : الخلايا القعدة** (البازوفيل : Basophil) تسمي **النيزوفيل** " تفرز مادة الهيبارين التي تمنع تجلط الدم .

- **الرابعة:**خاصة بالعدوى طويلة المدى مثل ميكروب الدرن وتسمي" **الليمفوسايت.** "

- **الخامسة** : وهي تأكل وتلتهم الميكروب وتسمي " **المونوسايت»** فهي مثل النيتروفيل هي التهام البكتريا.

- **تغيرات كرات الدم البيضاء :** استجابة لأداء الجهد البدني كما يلي:

المرحلة الأولى : المرحلة الليفوسايتية :تمتاز هذه المرحلة بزيادة غير كبيرة للكرات البيضاء من **1ألف إلى 12 ألف في 1ملم^3** وتلاحظ هذه الزيادة نتيجة زيادة الكرات البيضاء من نوع الليمفوسايت ، بعد مرور **10** د من بداية النشاط البدني.

المرحلة الثانية : المرحلة النتروفلية: تتميز بزيادة عدد الكرات البيضاء حتى تصل إلى **1.16 ألف في 1ملم^3**، وذلك نتيجة زيادة الخلايا النتروفلية والتي يظهر من بينها خلايا مازالت صغيرة ، وفي نفس الوقت تقل الخلايا الإيزوفيل والليمفوسايت، وتظهر هذه المرحلة بوضوح بعد ابتداء العمل العضلي ذو الشدة المرتفعة بساعة إلى ساعتين.

المرحلة الثالثة : مرحلة التسمم :تتميز هذه المرحلة بزيادة كبيرة جدا في عدد كرات الدم البيضاء حتى تصل **مابين 30-50 ألف في 1ملم^3**، وتزيد كمية الكرات الصغيرة ويقل عدد الخلايا الليمفوسايت وتختفي الخلايا الأيزوفيل وتظهر هذه المرحلة بعد النشاط العضلي ذو الشدة المرتفعة لفترة طويلة وظهور هذه المرحلة يدل على وصول اللاعب إلى الإجهاد.

- **الصفائح الدموية :**هي من العناصر غير السائلة العالقة في بلازما الدم ، وتظهر بشكل أجسام شبه صلبة مبعثرة في الدم ، وهي عبارة عن حطامات سايتوبلازمية ليس لها جدار خلوي خالية من النواة ، تتولد من خلايا أولية كبيرة تسمى ميكا كاريوسايت التي توجد في نخاع العظم ، تنشأ من الخلايا الشبكية . ويبلغ عددها حوالي **250000** إلى **500000** في 1ملم^3 من الدم ، **وفترة حياتها حوالي خمسة أيام** يأخذها بعد ذلك الطحال لتفتيتها وتحليلها .
- **وظيفة الصفائح الدموية:** تجلط الدم عند حدوث إصابة فبذلك تساعد على إيقاف النزيف وعلى التئام الجروح .
- **تغيرات الصفائح الدموية** استجابة لأداء الجهد البدني كما يلي: يلاحظ عند العمل العضلي **زيادة في عدد الصفائح الدموية** حتى تبلغ **ضعفها** وقت الراحة خلال عدة ساعات بعد أداء الحمل البدني وهذه الزيادة في الصفائح الدموية المرتبطة بالنشاط البدني تقوي من قابلية الدم للتجلط والتي تعتبر إلى جانب زيادة الكرات البيضاء رد فعل دفاعي للجسم **وتزداد أهمية زيادة الصفائح الدموية خلال الجهد البدني لارتباطها بخطورة النزيف ،** تعمل على تحويل المادة البروتينية السائلة إلى مادة صلبة أي من مادة الفبيرونجين إلى الفبيرين ميزة الصفائح الدموية تتكون من خيوط متصلبة الشكل تكون متجمعة حول جلد الإنسان وذلك لتحول دون خروج الدم من الجلد .
- **الأوعية الدموية :**تعتبر الجزء المكمل للجهاز الدوري حيث يقوم القلب بضخ الدم والأوعية الدموية تقوم بتوزيعه علي جميع أنسجة الجسم ثم تعود به مرة أخرى للقلب استكملا للدورة الدموية ، ونلاحظ أيضا أن الشعيرات الدموية صغيرة جدا وتقوم بمهمة إمداد خلايا الجسم بالغذاء والأكسجين وتخليصها من نواتج عمليات الأكسدة ؛ **وتعتبر الشعيرات الدموية** أهم جزء وظيفي للدورة الدموية حيث **يتم من خلالها تبادل الغازات نظرا لطبيعة تكوينها من طبقة واحدة رقيقة ويختلف عددها** في مختلف فهي تزيد في الأنسجة التي يزيد فيها التمثيل الغذائي كما يختلف ضغط الدم في مختلف الشعيرات الدموية حيث يتراوح ما بين **8** إلى **40** ملم زئبق كما إن ضغط الدم لا يتساوى في الشعيرة الواحدة حيث يزيد في الجهة الشريانية ويقل في الجهة الوريدية . وفي أثناء الراحة تعمل بعض الشعيرات أما الباقي فيعمل أثناء النشاط البدني وتتفتح ويزيد سريان الدم الموضعي حيث ثبت أن **1** ملم^2 من مساحة العضلة الهيكلية تعمل به **35** إلى **85** شعيرة أثناء الراحة بينما يزيد أثناء النشاط البدني ليصل إلي **2500** إلى **3000** شعيرة
- **تغيرات الأوعية الدموية أثناء الجهد البدني :**تقوم الأوعية الدموية بإمداد أعضاء الجسم بالدم اللازم لها ويزيد حجم الدم نتيجة :

- زيادة حجم الدفع القلبي (يعتبر زيادة الدفع القلبي وإعادة توزيعه بين الأعضاء العاملة وغير العاملة وأنسجة الجسم من أهم استجابات الجهاز الدوري أثناء العمل العضلي.)
- إمداد المخ بالدم ثبت أن إمداد الدم لأجزاء المخ يتغير تبعا لتغير هذه الأجزاء وكمثال على ذلك زيادة سريان الدم في المناطق المسئولة عن الحركة أثناء النشاط الحركي بحوالي **50٪** أزيد من مستواها أثناء الراحة ؛ في الوقت الذي لا يتغير سريان الدم الكلي للمخ .

حيث أن ثبات استمرار الدم بالمخ له أهميته في الحفاظ على وظائف المخ الحيوية ولا تتأثر الأوعية الدموية في المخ بدرجة كبيرة بتأثيرات الأعصاب السمبثاوية وكذلك الهرمونات ويؤدي توتر الأكسجين بالدم الشرياني إلي تأثير عكس ثاني أكسيد الكربون **فعند نقص الأكسجين تتسع الأوعية الدموية وعند زيادته تضيق** ،وعادة يبقي توتر الأكسجين في الدم الشرياني بدون تغيير في الظروف العادية وكذلك عند أداء العمل العضلي فيما عدا حالة المرتفعات .

المحاضرة الخامسة ــــــــــــــــــــــــــــــ الجهاز التنفسي و الجهد البدني

أهم حاجة للجسم هي الأكسجين ، لأنه ضروري لجميع عمليات التغذية وإنتاج الطاقة اللازمة لحياة الخلايا وقدرتها على القيام بوظائفها الحيوية ، ولا يستطيع الجسم الاستغناء عن الأكسجين لأكثر من أربع دقائق فقط ؛ويتم الحصول على الأكسجين من الهواء الجوي بواسطة عملية التنفس (الشهيق) التي يقوم بها الجهاز التنفسي ؛ وتعمل العضلات الوربية (بين الأضلاع) والحجاب الحاجز (تحت الرئتين) على تشغيل الرئتين كالكير (منفاخ الحداد)، تسحب الهواء إليهما ثم تدفعه خارجهما في فتراتٍ منتظمة .

- **وظائف التنفس :** يقوم التنفس بالوظائف التالية:

1- تزويد الجسم بالأكسجين من الجو إلى الرئتين،ثم أكسدته في الرئتين ، بفضل الضغط الجزيئي للأكسجين في الأسناخ والأوعية الدموية.

2- طرح ثاني أكسيد الكربون وذلك بفضل فرق الضغط الجزيئي له في الخلايا والأوردة والاسناخ .

3- المحافظة على التوازن الحامضي القاعدي .

4- المحافظة على حرارة الجسم نتيجة لعمليات الاحتراق والهدم والبناء داخل الجسم .

- **آلية التنفس (ميكانيكية التنفس) :** يدخل الهواء إلى جهاز التنفس بفعل حركة عضلة الحجاب الحاجز أو بفعل عضلات بين الضلوع (العضلات الوريبية) أو نتيجة لعملهما معا وتقسم ميكانيكية أو آلية التنفس إلى عمليتي الشهيق والزفير.

- **التبادل الغازي :**تتم عملية تبادل الغازات عند الإنسان بواسطة جهازين : الجهاز التنفسي يعمل على إدخال O_2 من الجو إلى الرئتين وأيضا يعمل على إخراج CO_2 من الرئتين الى الجو؛ بينما يقوم الجهاز الدموي بنقل O_2 من الرئتين إلى الخلايا ونقل CO_2من الخلايا إلى الرئتين ؛ تتم عملية تبادل الغازات بين الجهازين بواسطة الانتشار، وتمر عملية التبادل الغازي بأربع مراحل هي:

- تبادل الغازات بين هواء الجو والحويصلات الرئوية ، وتدعى التهوية الرئوية.
- تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الحويصلات الرئوية والشعيرات الدموية
- نقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم.
- تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الشعيرات الدموية والخلايا.

1- تأثير ثاني أكسيد الكربون الموجود في هواء الجو: عندما تكون نسبة CO_2 في الهواء المستنشق طبيعية **0.05 ٪** لا يحصل أي تغيير على تنفس الشخص إذا ارتفعت نسبة CO_2 في هواء التنفس إلى **03 ٪** يزداد عمق التنفس وتبقى سرعته بطيئة ويدعى ذلك فرط التهوية ؛إذا ارتفعت إلى حوالي **05 ٪** تزداد سرعة التنفس وعمقه ، وإذا ارتفعت إلى حوالي **06 ٪** تباطأت الوظائف الدورانية والتنفسية وأصابهما الخمول والجمود ويصاب الشخص بالصداع والدوار والإغماء.

2- تأثير نقص الأكسجين في هواء الجو: إن النسبة المئوية للأكسجين في الهواء الجوي **20.95 ٪** فإذا انخفضت إلى أقل من **13 ٪** فإن التنفس **سيزداد سرعة وعمقاً** وبذلك تزداد كمية الأكسجين في الأسناخ الرئوية فتطرد كمية co_2 من الأسناخ فيقل عمق التنفس لفترة قصيرة يعود بعدها التنفس إلى عميقاً بسبب تجمع ثاني أكسيد الكربون ثانية ، وهكذا يتغير عمق التنفس بصورة متناوبة بالزيادة والنقصان ، **ويدعى التنفس عندها بالتنفس الدوري المتناوب .**

- **المراكز العصبية خاصة بالتنفس:**توجد ثلاثة مراكز عصبية خاصة بالتنفس نخاع المستطيل تنظم الحركات التنفسية . ويتكون كل منها من مجموعة من الخلايا العصبية المتخصصة هي:

أ – المركز العصبي للشهيق : يوجد في الجهة البطنية من النخاع المستطيل للدماغ. ويؤدي تنبيه هذا المركز إلى حدوث عملية الشهيق وإستمرارها حتى الوفاة طالما إستمر الحافز الذي أدى إلى تنبيه المركز .

ب- المركز العصبي للزفير :يوجد في الجهة الظهرية من النخاع المستطيل أمام المركز العصبي للشهيق .ويؤدي تنبيه هذا المركز إلى حدوث عملية الزفير.

جـ – المركز العصبي التنفسي: يوجد في جزء من المخ المسمى القنطرة ؛يعمل هذا المركز على تنبيه مركزي للشهيق والزفير بالتعاقب، وينتج عن ذلك حدوث عمليتي الشهيق والزفير بالتعاقب واحدة بعد الأخرى. ويعتبر مسئولاً عن تغير عمق وسرعة الحركات التنفسية تبعاً لاحتياجات الكائن الحي. تنشأ السيالات العصبية جميعها من المركز العصبي للشهيق وتنتقل هذه السيالات عبر الأعصاب إلى عضلات الضلوع والحجاب الحاجز مسببه إنقباضها وزيادة سعة الصدر وتمدد الرئتين، ومن ثم

إندفاع الهواء إلى داخلهما. ويوجد في جدران الحويصلات الهوائية ما يسمى بمستقبلات الضغط وهي عبارة عن نهايات أعصاب حسية تتنبه نتيجة تمدد الرئتين أثناء عملية الشهيق، حيث تتجمع لتنتهي عند المركز العصبي التنفسي في نخاع المستطيل.

- العوامل المؤثرة في عملية التنفس :

1- عوامل عصبية مركزية :تلعب منطقة تحت المهاد دوراً في اضطراب عملية التنفس ، ويمكن ملاحظة ذلك أثناء الانفعال حيث تزداد سرعة التنفس، كذلك تلعب قشرة الدماغ دوراً في تغيير عملية التنفس أثناء الضحك أو الكلام أو الانتباه.

2- عوامل كيميائية : إن حدوث أي تغيير كيميائي للدم يعمل على اضطراب المراكز التنفسية العصبية المركزية ، ويؤثر بالتالي على عملية التنفس، ويتم هذا التأثير بطريقتين: إحداهما مباشرة على المراكز العصبية التنفسية والثانية غير مباشرة أي منعكس عن طريق المستقبلات الموجودة على جدران الشرايين الأبهر والسباتي العام ، وأهم العوامل المؤثرة على التنفس هي درجة الحموضة (PH) ومعدل كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

3- عوامل آلية : الجهد البدني والأعمال الشاقة التي تزيد من سرعة التنفس مما يؤدي إلى زيادة الحاجة إلى الأكسجين.

- الألم يزيد من سرعة التنفس بتأثير منعكس بواسطة المستقبلات التنفسية.

- الانفعال يزيد من سرعة التنفس بتأثير منعكس بواسطة المستقبلات التنفسية.

4- عوامل ظرفية : مثل تخريش الممرات الهوائية بالغبار والغازات يزيد من سرعة التنفس بتأثير منعكس .

- بعض مشاكل الجهاز التنفسي :

1- التهاب الرئة : نتيجة امتلاء الحويصلات بالسوائل وبالخلايا الدموية البيضاء ، ويترتب عن ذلك نقص الأكسجين في الدم إلى حد كبير .

2- السل : يصيب هذا الداء الرئتين إذ يحطم أنسجتها ويحل محلها نسيج ليفي غليظ غير مرن لا يناسب عملية الزفير ، وبالتالي تتجمع كمية كبيرة من الهواء ، مما يسبب انتعاش البكتيريا . **3-** انتفاخ الرئة وسرطان الرئة ، والربو والزكام والانفلونزا .

- أرقام عن الجهاز التنفسي :

-إن كمية الهواء الداخل إلى الرئتين خلال عملية الشهيق تبلغ **½1لتر** .

- إن عدد مرات التنفس في حالة السكون تبلغ **12 – 16** مرة في الدقيقة عند الإنسان البالغ.

- إن كمية الهواء الداخل إلى الرئتين والخارج منها يبلغ تقريبا **6لتر** في الدقيقة، يمكن أن تزيد إلى **10** أضعاف عند المجهود العضلي الكبير.

- إن عدد الحويصلات الهوائية في الرئتين يبلغ **300 مليون** تقريبا.

- يمكن للإنسان أن يعيش **برئة واحدة** إذا كانت هذه الرئة تؤدي وظيفتها بصورة صحيحة.

- الأحجام الرئوية : يختلف حجم هواء التنفس الذي نتنفسه باختلاف ظروف التنفس ، يمكن قياس الأحجام الرئوية باستخدام جهاز بسيط التركيب يسمى الاسبيروميتر . Spirometer كما يمكن باستخدام جهاز الاسبيروجراف Spirograph تسجيل منحنيات كل من الهواء الداخل إلى الرئتين أي هواء الشهيق ، والهواء الخارج من الرئتين وهو هواء الزفير ، إلى جانب احتياطي كل منهما ، في ضوء ما تقدم نجد أن هنالك أربعة أحجام رئوية يمكن لنا قياسها وتكون في مجموعها أقصى سعة للرئتين:

1- حجم هواء التنفس: هي كمية هواء الشهيق والزفير المتنفس في المرة الواحدة حيث يتراوح عدد مرات التنفس لدى الشاب البالغ ما بين **35 – 45** مرة / دقيقة أثناء التدريبات الرياضية الشاقة وقد تتراوح لدى اللاعبين الاولمبيين من الجنسين ما بين **60 – 76** مرة / دقيقة أثناء منافسات التزلج السريع ، ويتراوح حجم هذا الهواء لدى الشخص البالغ ما بين **350 – 500** ملل في المرة الواحدة في حالة الراحة وقد يصل إلى نحو **1** ل لدى البعض ؛ويتراوح معدل التنفس الطبيعي لدى الأطفال دون سن البلوغ ما بين **20 - 25** مرة/د. أما في حالة التدريبات الشاقة فيرتفع حجم هواء التنفس إلى ما بين **2 – 3** ل/ مرة ، ويقدر الحجم المستهلك لدى الرياضيين الممارسين لرياضات التحمل بنحو **160** ل/ د ،في عدة دراسات وصل إلى **200** ل/ د، وارتفع إلى **208** ل/ د لدى المحترفين من لاعبي كرة القدم عند التدريب على العجلة وعلى الرغم من هذه الأحجام الكبيرة فان حجم التنفس نادرا ما تخطى نسبة الـ **55٪** من السعة الحيوية.

2- الحجم الاحتياطي لهواء الشهيق :كمية الهواء التي يمكن استنشاقها علاوة على الكمية المستنشقة في الحالة العادية ، وهو ما نطلق عليه الحد الأقصى للشهيق او الحجم المكمل ، ويعرف بـــ ((حجم الهواء المستنشق الإضافي)) ويتراوح حجمه ما بين **2.5** إلى **3.5** لتر تقريبا.

3- الحجم الاحتياطي لهواء الزفير : هو حجم الهواء الإضافي الخارج مع هواء الزفير ويعني كمية الهواء المطرودة علاوة على كمية هواء الزفير في الحالة العادية يعبر عنه بأقصى زفير يمكن إخراجه ويتراوح حجمه ما بين **1** الى**1,5** لتر تقريبا لدى الشخص متوسط الحجم **4- الحجم المتبقِّي :** يعرف هذا الحجم بأنه كمية الهواء المتبقية في الرئتين والممرات الهوائية بعد خروج هواء الزفير ، وهذه الكمية تسمى بالمتبقية ، نظرا لعدم خروجها مع هواء الزفير ، وتتراوح ما بين **1** إلى **1,2** لتر تقريبا لدى الإناث ، وما بين **1,2** إلى **1,4** لتر تقريبا لدى الذكور.

- السعات الرئوية :يطلق مسمى السعات الرئوية نظرا لاستخدامها كمعايير لقياس الوظائف الرئوية ، وتقل هذه السعات لدى الإناث بنسبة تتراوح ما بين **20** – **25** ٪ وتزيد لدى المدربين ، وهذه السعات هي:

1- سعة الشهيق : أقصى حجم من الهواء يمكن استنشاقه علاوة على الشهيق في الحالة الراحة ويقدر حجم سعة الشهيق بنحو **3.5** لتر هواء.

2- السعة الوظيفية المتبقية: عبارة عن كمية الهواء المتبقية بالرئتين والممرات الهوائية بعد إطلاق الزفير العادي وتقدر بنحو **2.4** لتر تقريبا لدى الذكور وبنحو **1.8** لتر تقريبا لدى الإناث.

- العوامل المؤثرة في الأحجام والسعات الرئوية .

- المرحلة العمرية (السن) - الطول والوزن والجنس - قوة وعضلات التنفس - عدد مرات التنفس بالدقيقة.

- اختلاف وضع الجسم. - عمق كل من الشهيق والزفير أي عمق التنفس - العادات والطباع .

- التدريب الرياضي من حيث : أ – نوع النشاط الرياضي التخصصي . ب - الحالة التدريبية للاعب .ج – العمر التدريبي للاعب.

- تأثير الجهد البدني على التنفس :هنالك عدة تأثيرات فسيولوجية تصاحب الجهد البدني ، وتختلف باختلاف مكونات الأحمال التدريبية وكذلك نوع النشاط الرياضي الممارس ومما لا شك فيه أن الجهد البدني يترك أثره الواضح على الجهاز التنفسي ومن أهم تلك التأثيرات :

1 – ارتفاع معدل تبادل الغازات من نحو **20** إلى **30** ضعف حالة الراحة في حالة الجهد البدني المفرط (الشاق) .

2 – زيادة سرعة وعمق التنفس مما يؤدي إلى زيادة معدل التهوية الرئوية زيادة كبيرة تتراوح ما بين **150** – **200** ل/د لدى الرياضيين المتميزين .

3 – زيادة النشاط القلبي الوعائي مما يؤدي إلى : أ – ارتفاع معدل التهوية الرئوية . ب – زيادة شدة عمليات الأكسدة . ج – زيادة كمية الأوكسجين المستخلصة (الممتصة) بالرئتين في الدقيقة .

– زيادة حجم الدم المدفوع في الدورتين الدمويتين في الدقيقة .

4 – ارتفاع معدل استهلاك الأوكسجين من **250** – **350** مللتر / د في حالة الراحة ، إلى نحو من **4500** – **5000** ملليلتر / دفي حالة المجهود .

5 – زيادة تركيز الهيموجلوبين بالدم ، نتيجة لزيادة معدل إفراز العرق ونقص الماء في الدم ، مما يؤدي إلى زيادة قدرة الدم على الاتحاد بالأوكسجين .

6 – زيادة معدل استخلاص الأوكسجين من الدم بالأنسجة العضلية ، اذ تستخلص خلايا الجسم من **60** – **80** ملل أوكسجين من كل **1** لتر دم في حالة الراحة وترتفع هذه النسبة لتصل إلى **150** ملل او أكثر في حالة المجهود .

7 – ارتفاع معدل استخلاص الأوكسجين بالحويصلات الرئوية كنتيجة لارتفاع معدل ثاني اوكسيد الكاربون وانخفاض كمية الأوكسجين بالعضلات العاملة أثناء المجهود .

- التغيرات والتكيفات الفسيولوجية المصاحبة للجهد البدني :

- تغيرات مؤقتة : تتمثل فيما يلي :

1 – زيادة السعة الحيوية وبالتالي زيادة حجم التهوية الرئوية

2 – زيادة الكفاءة الرئوية من حيث العمل الوظيفي والتركيب التشريحي.

3 – زيادة سرعة وعمق التنفس ، وتناسب ذلك وحجم الجهد البدني المبذول.

4 – سرعة التخلص من ثاني اوكسيد الكربون كأحد مخلفات التمثيل الغذائي .

5 – ارتفاع معدل استخلاص الأوكسجين بالحويصلات الرئوية والأنسجة العضلية

6 – زيادة حجم نشاط أجسام الميتوكوندريا (بيوت الطاقة) .

تغيرات دائمة : تتمثل فيما يلي

1 – سرعة الاستجابة للمنبهات العصبية اللاارادية بمركز التنفس بالمخ .

2 – سرعة انتقال الإشارات الحسية المنبهة من المستقبلات الكيميائية إلى المخ .

3 – سرعة عودة حموضة الدم إلى حالتها القلوية .

4 – عدم ظهور ظاهرة دين الأوكسجين المعوقة للأداء .

5 – تناسب معدل استهلاك الأوكسجين ومكونات الحمل التدريبي أو التنافسي .

6 – سرعة العودة إلى الحالة الطبيعية في مرحلة استعادة الشفاء (عقب الأداء).

المحاضرة السادسة ـــ الجهاز العصبي و الجهد البدني.

الجهاز العصبي هو الجهاز الذي ينظم أوجه النشاط المتباين الذي تقوم به أعضاء الجسم المختلفة ويتعاون في هذا المجال مع الجهاز الهرموني ويعتبر الجهاز العصبي من أهم الأجهزة النبيلة في الجسم ، ويبنى من خلايا عصبية عديدة تدعى العصبون (Neurons) ، ومن الوحدة الأساسية للجهاز العصبي والتي تتألف من جسم الخلية،والمحور والتفرعات الشجرية .

- الخلية عصبية : تتكون من : - جسم الخلية العصبية - المحور الاسطواني - التفرعات الشجرية أوالزوائد الطرفية

- خصائص الخلية العصبية: للخلية العصبية خاصيتان أساسيتان هما : - الاستثارة - التوصيل .

أما حسب الوظيفة فتقسم إلى ثلاثة أنواع : - خلية عصبية حسية - خلية عصبية موصلة (رابطة): - خلية عصبية محركة :

- أقسام الجهاز العصبي : يتكون الجهاز العصبي من قسمين رئيسيين هما:الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي (المحيطي).

1- الجهاز العصبي المركزي : يتكون الجهاز العصبي المركزي من **الدماغ ، و الحبل الشوكي**

2- الجهاز العصبي الطرفي(المحيطي):يقع الجهاز العصبي الطرفي خارج الجهاز العصبي المركزي ، ويتكون من الأعصاب الدماغية (المخية) ، والأعصاب الشوكية ، ويقوم الجهاز العصبي الطرفي بنقل الإشارات العصبية من أعضاء الحس وأعضاء الجسم الأخرى إلى الجهاز العصبي المركزي ، ومن الجهاز العصبي المركزي إلى أعضاء الحركة ، ويتكون من **اثني عشر زوجاً** من الأعصاب تبدأ من الدماغ وتُسمى الأعصاب القحفية ، بالإضافة إلى **واحد وثلاثين زوجاً** من الأعصاب التي تبدأ من النخاع الشوكي وتُسمى الأعصاب النُخَاعية (الشوكية) ، وتعمل هذه الأعصاب كأسلاك الهاتف .

- وظائف الجهاز العصبي:

1- استقبال المعلومات من جميع الأجهزة الحسية بأجزاء الجسم المختلفة (الداخلية والخارجية)

2- تنظيم عملية إنتاج الطاقة اللازمة للنبضات العصبية الحركية التي تستخدم في النشاط الحركي أو لعمل الغدد المتنوعة في الجسم.

3- التنسيق بين نشاطات الجسم المختلفة بشكل يؤدي الى التكامل والترابط والاتزان.

4- اتخاذ القرارات وإصدار الاوامر للاستجابة بسلوك معين لمقابلة متطلبات المواقف المختلفة.

5- المحافظة على استمرار العمليات الحيوية بالجسم بشكل تلقائي للمحافظة على حياة الكائن الحي.

- الجهاز العصبي والجهد البدني :

1- الجهاز العصبي والتعلم الحركي :نتيجة عملية التعلم الحركي والتدريب الرياضي تظهر التغيرات الوظيفية الايجابية والتي تنعكس على تحسين عملية الاستثارة والكف وبالتالي تنعكس قوة العمليات العصبية ، وأوضح مثال على ذلك مراحل التعلم الحركي وتشمل:

-مرحلة اكتساب التوافق الأولي للمهارة الحركية : يتميز نشاط المخ بزيادة الاستثارات غير المطلوبة، وهذا يعني تفوق عمليات الإثارة العصبية في بادئ الأمر، الأمر الذي يؤدي إلى انتشار الإشارات العصبية في مراكز عصبية متعددة وينتج عن ذلك إثارة

عدد كبير من العضلات غير مطلوب اشتراكها في الأداء الحركي وإعطاء الأوامر لها بالنشاط والاستجابة الحركية الأمر الذي يجعل الأداء الحركي يبدو صعبا ومتوترا ويرتبط بالعديد من الحركات الزائدة والحركات الجانبية وبذلك يحتاج الفرد إلى المزيد من الطاقة الذي يؤدي بالتالي الى سرعة الشعور بالتعب.

- **مرحلة اكتساب التوافق الجيد للمهارة الحركية** : يتم تثبيط المراكز العصبية مع تقليل الإشارات العصبية الزائدة وهذا يعني ظهور ما يسمى بعملية الكف أي عملية إبطال مفعول التنبيهات التي لا ترتبط بصورة أساسية بأداء المهارة الحركية الأمر الذي يؤدي إلى زيادة القدرة على التميز وتحسن الأداء التوافقي للمهارة الحركية وبالتالي التخلص من التوتر العضلي الزائد والحركات الجانبية التي ليست لها علاقة بالمهارة الحركية، ويأخذ الأداء المهاري الحركي في التحسن تدريجيا من خلال عملية التدريب المنظم ومن خلال إصلاح الأخطاء أول بأول.

- **مرحلة إتقان وتثبيت المهارة الحركية:** يتم حدوث التوازن بين عمليات النشاط العصبي أي التوازن بين عملتي الاستثارة والكف وخلال هذه المرحلة يمكن التدريب على أداء المهارة الحركية تحت مختلف الظروف والتي تتميز بالزيادة التدريجية لتوقيت الحركة واستخدام القوة والأداء في ظروف تتميز بالصعوبة يمكن عن طريق ذلك كله اتقان أداء الفرد الرياضي للمهارة الحركية مع الاقتصاد في الجهد وحدوث التناسق بين حركات الجسم. ويجب علينا مراعاة أن اتقان وتثبيت المهارة الحركية والوصول بها إلى مرحلة الألية يمكن أن يتأثر بصورة سلبية في حالة انقطاع الفرد عن الانتظام في التدريب لفترة معينة.

2-الجهاز العصبي و سرعة الاداء العصبي :

يعتبر الزمن من المقاييس المهارة الهامة التي تستخدم لقياس استجابات اللاعبين نظرا لأن الوقت الذي يستغرقه اللاعب في اداء مهارة حركية معينة او لمحاولة بدأ مهارة حركية معينة يمكن قياسه باستخدام اجهزة دقيقة للغاية ، اي انه بواسطة ادوات قياس الزمن يمكن تحديد الوقت الذي استغرقه اللاعب في اداء حركي معين او لإنهاء استجابة حركية مطلوبة.

كما ان الزمن يستخدم ايضا في قياس نوعين من الاستجابات الحركية ، هما الاستجابات الظاهرة و الاستجابات الكامنة يف ذات اللاعب ، و النوع الاول يطلق عليه "زمن الاستجابة" بينما النوع الثاني يطلق عليه "زمن الكمون" و يحسب زمن الكمون من لحظة وصول الاشارة العصبية الى العضلة و حتى استجابتها الحركية بالانقباض العضلي ، و قد أمكن اخيرا قياس "زمن الكمون" باستخدام رسم العضلات الكهربائي.

- **الجهاز العصبي و سرعة زمن الرجع :** تعتبر القدرة على الاستجابة الحركية لمثير معين في اقصر زمن ممكن من العوامل الهامة للارتقاء بمستوى الفرد الرياضي و تفوقه في انشطة رياضية معينة. و في هذا المجال تلعب سرعة زمن الرجع دورا هاما .ويقصد بزمن الرجع) reaction time او زمن رد الفعل) الزمن الذي ينقضي بين بدء حدوث مثير ما و بين بدء حدوث استجابة لهذا المثير و يتأسس هذا التعريف على التسليم بوجود فاصل زمني بين بدء ظهور المثير و حدوث الاستجابة لهذا المثير نظرا لصعوبة الاستجابة لأي مثير بمجرد حدوثه بدون فاصل زمني ، فالمثير عندما يحدث (وليكن طلقة البدء يف مسابقة العدو) فإنه يسري نحو الاجهزة الحسية المستقبلة لهذا المثير لدى المتسابق اي نحو الاذن ، و يقوم هذا المثير (طلقة البدء) باستثارتها و من ثم تبدأ العمليات الداخلية الكامنة في المتسابق حيث تنقل الاعصاب السمعية ترجمة لهذا المثير الى المخ و من المخل الى العضلات التي تؤدي الاستجابة المطلوبة . و ينبغي التمييز بين نوعين من زمن الرجع : زمن رجع بسيط / زمن رجع مركب.

- **زمن الرجع البسيط :** هو الزمن المحصور منذ لحظة ظهور مثير واحد معروف و لحظة الاستجابة لهذا المثير و من امثلة ذلك البدء في مسابقات العدو او الجري او السباحة ، و يمكن تقسيم زمن الرجع البسيط الى مايلي :

- بداية حدوث المثير . - اللحظة الحسية التي يحدث خلالها تلقي المستقبلات الحسية للمثير .

- اللحظة الارتباطية التي يدحث فيها ادراك المثير (طلقة مسدس تعني البدء).

- اللحظة الحركية التي يحدث فيها مثيرات حركية في جزء المخ المختص بالحركة و ارسالها الى العضلات المعنية بواسطة الاعصاب المصدرة لبدء الحركة.

- **زمن الرجع المركب : (التمييزي)** : في حالة وجود اكثر من مثير و محاولة الرياضي الاستجابة لمثير واحد فقط فإن زمن الرجع عندئذ يطلق عليه زمن الرجع التمييزي (المركب) ، و هذا النوع من زمن الرجع هو السائد في العديد من الانشطة الرياضية كالالعاب الرياضية و المنزلات الفردية و يمكن تقسيم زمن الرجع التمييزي الى مايلي :

- بداية حدوث المثيرات. : اللحظة الحسية التي تتكون من استقبال المثيرات.

- لحظة تمييز المثير عن غيره من المثيرات الحادثة في نفس الوقت و هذا يعني التعرف عليه و تنظيمه ضمن مجموعة معروفة لدى الفرد .

- لحظة اختيار الاستجابة الحركية المناسبة للمثير .

- لحظة تأهب جزء المخ المختص بالحركة في الاعداد للاستجابة الحركية.

و يلاحظ ان كل خطوة من الخطوات السابقة تستغرق بعض الوقت و لكن معظم هذا الوقت يستنفذ داخل المخ الذي يقوم دائما بالعمليات التي تحتاج دائما معظم هذا الوقت نظرا لتراكم النبضات العصبية الصادرة من الاجهزة الحسية فيقوم بتحليلها و في ضوء ذلك يتخذ قراره في صورة شحنات عصبية الى العضلات المختصة وبالاستجابة و في ضوء ما تقدم يتضح ان تطوير زمن الرجع المركب يحتاج الى المزيد من التدريب ، كما ينبغي مراعاة ان تنمية سرعة زمن الرجع لا بد ان ترتبط بصحة و دقة الاستجابة الحركية نظرا لأن الاستجابة سريعة الخاطئة و كذلك الاستجابة البطيئة الصحيحة لا يؤديان الى احسن النتائج.

عوامل تؤثر على زمن الرجع : المثير / نوعية الاستجابة الحركية / الحالة النفسية للفرد .

- الجهاز العصبي و التحكم في الاداء الحركي : دور الجهاز العصبي أثناء الاداء الحركي :

توجيه عمل الجهاز الحركي (عظمي ،مفصلي،عضلي) من خلال الاتصال المباشر بينها تنفيذ الاعصاب الحسية.قيام الاشارات العصبية بنقل الاحاسيس المختلفة من البيئة الداخلية و الخارجية الى جهاز العصبي .

التحكم في أداء الحركات من خلال الاشارات العصبية التي يرسلها الى عضلات الجسم .

المعلومات التي يستقبلها الجهاز الحركي تصدرها المستقبلات الحسية الموجودة بالجهاز الحركي (عضلات ، اوتار ، مفاصل) ، بالاضافة الى اعضاء الحس الاخرى.

تنقسم الحركات التي يؤديها الشخص الى : - حركات تلقائية . - حركات مكتسبة.

- الحركات التلقائية الفطرية (ردود الافعال الشرطية الحركية) : تأتي هذه الحركات كنتيجة لرد فعل انعكاسي لمثيرات خارجية مختلفة و عادة ما يقابل الشخص مثل هذه الحركات اثناء اداء النشاط الرياضي :

-حركات الجسم الدفاعية ضد الاخطار (مثل حركات الدفاعية في الملاكمة ، او استقبال الكرة الطائرة ...)

-الالتفاتات الزائدة اثناء الاداء الحركي (مثل استجابات تلقائية اشارة المدرب او الحكم او الزملاء ...)

- حركات مط العضلات (عادية انقباض انبساط...)

- النغمة العضلية ة الارتخاء العضلي (توتر العضلة اللاارادي المستمر الناتج عن بعض الاشارات العصبية و بفضل النغمة العضلية يستطيع الانسان الاحتفاظ بكثير من اوضاع الجسم بدون اشتراك الادراك، انتصاب الراس و الجذع)

- الايقاع الحركي (وتر العضلة ذات اربع رؤوس نلاحظ عدة انقباضات عضلية ممتالية)

- حركات الاطراف المتبادلة ((حركات الرجلين المشي)

- الحركات المكتسبة : يستقبل الجهاز العصبي المعلومات المختلفة عن علاقات الجسم ببعضها و كذا علاقتها مع ما يحيط بها في البيئة الخارجية و عن اتجاه الحركة و سرعتها و تستخدم هذه المعلومات في توجيه حركات الجسم المختلفة ، و تقوم المستقبلات الحسية المختلفة الموجودة بالعضلات و الاوتار و المفاصل بارسال اشارات عصبية حسية تحمل معلومات عن مدى تقصير العضلة او تطويلها و عن مدى توترها او ارتخائها عن سرعة الانقباض العضلي و قوته و عن اوضاع الجسم المختلفة و اوضاع الجسم ككل و عن تغيرات هذه الاوضاع و عن دقة الحركة في الفراغ المحيط و زمن ادائها ، و تساعد في الحصول على هذه المعلومات ايضا اعضاء الاحساس الاخرى كالاذن و العين و المستقبلات الحسية في الجلد و جهاز التوازن بالاذن (الدهليزي) و يمكن استخدام الوسائل المعينة السمعية منها و البصرية لزيادة توصيل المعلومات كما يمكن توصيل هذه المعلومات في شكل موضوعي معبرا عنه بالمسافة و الكيلوجرام و الزمن ، و هذا بدوره يساعد دقة تقدير اللاعب للاداء الحركي بالاضافة الى التقدير الذاتي الذي يشعر به اثناء الاداء الحركي من خلال المستقبلات الحسية و بذبك يستطيع ان يتحكم الجهاز العصبي بصورة اكثر دقة في اداء الحركات المكتسبة و اتقانها خلال عمليات التعلم الحركي و التدريب الرياضي

و يمكن تقسم التحكم الحركي الى ثلاثة انواع هي :

التحكم في انتاج القوة العضلية اللازمة لأداء الحركة و بالطبع فإن هذه الحركة تتم بالنسبة لجزء او بعض اجزاء الجسم او للجسم ككل في الفراغ المحيط بالجسم و يرتبط هذا الاداء الحركي بالعلاقات الزمنية و بناء على ذلك فإن التحكم في قوة الانقباض العضلي و تحريك اجزاء الجسم او الجسم ككل في الفراغ و زمن اداء الحركة و هي الانواع الرئيسية الثلاثة للتحكم الحركي التي يقوم بها الجهاز العصبي متعاونا مع الجهاز الحركي لأداء الحركات المختلفة .

- التحكم في زمن رد الفعل الحركي .
- التحكم في زمن الحركة الواحدة.
- التحكم في الايقاع الحركي (زمن الانتقال).
- التحكم في حركات التنفس.

- **الجهاز العصبي وحالة اللاعب قبل المنافسة :** المنافسة الرياضية تؤدي لظهور أعراض فسيولوجية مرتبطة بالجهاز العصبي في مرحلة ما قبل المنافسة ، وتم تصنيفها لثلاث مراحل وتشمل:

- **حالة حمي البداية** وترتبط بعملية زيادة "الإثارة" العصبية وهبوط عمليات "الكف"، مما تؤثر علي مستوي اللاعب ومن ***أعراضها الفسيولوجية:***

-زيادة عدد مرات التنفس. -زيادة سرعة نبضات القلب. -زيادة إفرازات العرق. -زيادة ضغط الدم.

-زيادة ارتعاش الأطراف. -الإحساس بالضعف في الطرف السفلي.

ومن الأعراض النفسية: - النرفزة القوية الواضحة. - الارتباك والشعور بالخوف. - ضعف التذكر.

– عدم ثبات الحالة الانفعالية. - تشتت الانتباه وعدم التركيز.

كنتيجة لهده الأعراض الفيزيولوجية وما يرتبط بها من أعراض نفسية يمكن أن يتأثر أداء اللاعب في المنافسة بصورة سلبية إلا أن هناك بعض الباحثين الذين يرون أن بعض هذه التغيرات يمكن أن تؤثر بصورة ايجابية على اللاعب في حالة تعود الفرد على مواجهة العديد من المواقف التنافسية خلال فترات إعداده لهذه المنافسات.

حالة عدم اللامبالاة : ترتبط بعملية زيادة عمليات "الكف" وهبوط "الإثارة" العصبية فتؤدي لهبوط مستوى اللاعب ومن **أعراضها الفسيولوجية:**

- انخفاض سرعة التنفس.
- انخفاض عدد ضربات القلب.
- الارتخاء في معظم عضلات الجسم وبالخصوص الكبيرة.
- الخمول الحركي.

ومن الأعراض النفسية:

- انخفاض مستويات الانتباه والإدراك.
- انخفاض التذكر والتفكير. وعدم اللامبالاة حالة انفعالية سلبية ، وكنتيجة لهذه الأعراض الفيزيولوجية وما يرتبط بها من أعراض نفسية يتأثر اللاعب في المنافسة بصورة سلبية واضحة.

- **حالة الاستعداد للكفاح :** تتميز بالتوازن بين عمليات "الكف العصبي" "الإثارة العصبية" فتؤدي لظهور اللاعب في أحسن مستوي وتكون الأعراض الفسيولوجية والنفسية في أحسن مستوي لها من حيث عدد ضربات القلب والتنفس والضغط والاستعداد العضلي من قبل العضلات المشاركة في العمل والتركيز والانتباه والتذكر.

ويرى العديد من الباحثين أن اللاعب يستطيع أن يظهر في أحسن مستوياته في غضون هذه الحالة، ويجب علينا مراعاة أن الفترة الزمنية لظهور الأعراض الفيزيولوجية لهذه الحالات قد تختلف طبقا للعديد من العوامل، إذ قد تمتد أحيانا إلى بضع أيام أو قد تقتصر على الساعات أو الدقائق القليلة التي تسبق الاشتراك الفعلي في المنافسات الرياضية.

من خلال ما سبق ذكره خلصنا إلى أن الجهاز العصبي مسؤول عن توجيه حركات الجسم، ولكن بالتحديد الجهاز الذي يلعب دورا هاما في المجهود البدني هو الجهاز الذاتي. فهو ذلك الجهاز الذي لا يخضع لإرادة الدماغ مباشرة لذا فهو يرتبط بغدد الجسم المختلفة والعضلات اللاإرادية الموجودة في الأعضاء الداخلية للجسم.

المحاضرة السابعة ـــــــــــــــــــــ الجهاز الغددي والجهد البدني .

يقوم الجهاز الغددي الي جانب الجهاز العصبي بتنظيم معدلات النشاط الكميائي لخلايا وانسجة الجسم المختلفة حيث تكون استجابة الجهاز الهرموني بطيئة مقارنة بالجهاز العصبي ؛ يتكون الجهاز الغددي من مجموعة من الغدد وظيفتها انتاج الهرمونات في الجسم :

نوع الغدة	الموقع
تحت المهاد	فوق الغدة النخامية داخل المخ
الغدة النخامية	قاعدة الدماغ
الغدة الصنوبرية	في المخ وتنتج مادة السيروتونين والذي بدوره يدخل في تخليق الميلاتونين الذي ينظم عمليات النوم والجوع والمزاج والجنس.
الغدة الدرقية	في الرقبة أمام القصبة الهوائية تفرز هرمون الثيروكسين الذي يعمل على زيادة معدل احتراق المواد الغذائية ونقصه يؤدي إلى زيادة الوزن ودهون الدم.
جارات الدرقية	فوق الغدة الدرقية
الغدة الزعترية	في عظمة القص في منتصف الصدر ، يكون حجمها كبيراً في مرحلة الطفولة ويقل مع البلوغ، هرمونات الغدة الزعترية تساعد على نضوج خلايا T. خلايا T هي من الخلايا المهمة في جهاز المناعة المسئولة عن نمو العظام والنشاط
جارات الدرقية	فوق الغدة الدرقية
البنكرياس (المعثكلة)	أسفل الكبد من جهة اليسار في البطن المتحكمة عن إفراز هرمون الأنسولين وتنظيم السكر في الدم. هرمونات البنكرياس : - الانسولين : من خلايا بيتا - الجلوكاجون :من خلايا الفا
الغدة الكظرية أو الجار كلوية	فوق الكلية أي أعلى الكلية تفرز هرمون الادرنالين الذي يساعد على احتراق الدهون والسكريات والنشويات وذلك لإنتاج الطاقة اللازمة للجسم
الخصية	الاعضاء اتناسلية الذكرية
المبيض	الرحم

الغدد الصماء : عبارة عن مجموعة متخصصة من الخلايا تفرز مواد تسمى الهرمونات في مجرى الدم مباشرة حيث تصل إلى خلايا الجسم المستهدفة ؛ أما **الهرمونات** فهي مواد كيميائية معقدة للغاية تفرزها الغدد الصماء بكميات ضئيلة جدا حسب حاجة الجسم إليها إلي العضو المستجيب عن طريق الدم. (هرمون كلمة يونانية تعني المنشط أو المثير).

- جدول يبين الهرمونات التي تنتجها الغدد والوظيفة التي تحققها

الغدد	الهرمون الذي تنتجه الغدة	العضو أو الجزء المستهدف في الجسم	الوظيفة التي يحققها الهرمون
الهيبوثالامس (ماتحت المهاد)	الهرمون المضاد لادرار البول	الكلتيان	يساعد على تنظيم إعادة إمتصاص الماء من الكليتين
	الهرمون المعجل للولادة	الرحم	ينبه انقباض الرحم
	الهرمون المطلق للكورتيكوتروبين	الثديان	ينبه اطلاق لبن الثدي
	الهرمون المطلق للثيروتروبين	الغدة النخامية	ينبه اطلاق الكورتيكوتروبين من الغدة النخامية
	الهرمون المطلق للجونادوتروبين	الغدة النخامية	ينبه اطلاق الثيروتروبين من الغدة النخامية
	هرمون النمو	الغدة النخامية	ينبه اطلاق الهرمون المحفز للحويصلة وهرمون اللوتنة من الغدة النخامية
الغدة النخامية	هرمون النمو	انسجة كثيرة	يسبب نمو العظام وأعضاء عديدة في مرحلتي الطفولة والمراهقة ، ويحسن القوة العضلية في البالغين ، ويرفع مستويات السكر في الدم
	الهرمون المحفز للدرقية	الغدة الدرقية	ينظم افراز هرمونات الدرقية من الغدة الدرقية

	الكورتيكوتروبين	الغدتان الكظريتان	ينظم افراز هرمون الكورتيزول من الغدتين الكظريتين
	منشط افراز اللبن	الثديان	ينبه افراز اللبن (إنتاج اللبن)
	الهرمون المحفز للحويصلة	المبيضان والخصيتان	ينبه نمو البويضات في النساء والمني في الرجل
	هرمون اللوتنة	المبيضان والخصيتان	يسبب اطلاق البويضات وانضاجها في النساء، وينبه اطلاق التستوستيرون في الرجال
الغدة الدرقية	الثيروكسين	الخلايا	ينبه استهلاك الخلايا للأكسجين وينظم الايض في الخلايا، وهو ضروري للنمو والنضج الطبيعيين.
	ثلاثي يودوثيرونين	الخلايا	وظيفته مشابهة لوظيفة الثيروكسين
	كالسيتونين	العظام	يساعد على تنظيم مستويات الكالسيوم في الدم وبناء قوة العظم
الغدد جار الدرقية	هرمون الجار الدرقية	العظام والكليتان	ينظم مستويات الكالسيوم والفوسفات في الدم والعظام
البنكرياس	الجلوكاجون	الكبد	يرفع مستويات سكر الدم ليجعل الطاقة متاحة للجسم
	الانسولين	الخلايا الدهنية ، الكبد ، العضلات	يزيد امتصاص وتخزين واستخدام الجلوكوز من قبل الخلايا، ويزيد انتاج البروتينات وتخزين الدهون
الغدتان الكظريتان	ابنفرين (ادرينالين)	الجهاز الدوري والكبد	يزيد معدل دقات القلب وضغط الدم ويزيد جلوكوز الدم
	نورابنفرين (نورادرينالين)	القلب والرئتان والاوعية الدموية	يزيد ضغط الدم
	ديهيدروابي أندروستيرون	معظم الأنسجة	قد يكون له دور في دعم جهاز المناعة (ولكن وظائفه الرئيسية غير معروفة(
	ألدوستيرون	الكليتان	ينظم تبادل الصوديون والبوتاسيوم وينظم ضغط الدم
	كورتيزول	أغلب الأنسجة	يلطف الإلتهاب، يساعد على المحافظة على ضغط الدم، ويؤثر أيضاً على أيض الكربوهيدرات والبروتين والدهون
المبيضان	استروجين	الجهاز التناسلي الأنثوي	مسئول عن نشوء الخصائص الجنسية الأنثوية
		المبيضان	ينبه نضج البويضات
		الرحم	يهيء الرحم لزرع البويضات
		المخ	قد يحمي من الأمراض الإنحلالية مثل مرض ألزهايمر
		الأنسجة	قد يساعد على إلتئام الجروح
	بروجسترون	الرحم	ينبه نمو الأوعية في بطانة الرحم تمهيداً لتحولها إلى مشيمة
الخصيتان	تستوستيرون	الخصيتان	ينشط نشوء الخصائص الجنسية الذكرية أثناء الطفولة، وينشط النمو أثناء الطفولة، ويحافظ على الخصائص الجنسية الذكرية(بما فيها نضوج المني) أثناء مرحلة البلوغ
	إنهيبين	الخصيتان	يعمل مع التستوستيرون لتنظيم معدل نشوء المني

- تأثير الجهد البدني على تركيز الاندروفين في الدم: يفرز الإندورفين استجابة للجهد البدني الهوائي المعتدل الشدة الذي يدوم **20** دقيقة فأكثر ، وقد يفرز في حالة الجهد البدني الأقل شدة إذا استمر الجهد لفترة طويلة. أما أثناء الجهد البدني العنيف الذي لا يدوم إلا لفترة وجيزة، كعدو المسافات القصيرة أو رفع الأثقال، فلا يعتقد أن تركيزه في الدم يتغير بشكل محسوس مقارنة بحالة الراحة .

إن الإندورفين هو المسؤول عن حالة الشعور بالسعادة التي يشعر بها لاعبي الجري المنتظمون التدريب فبعضهم يفرز جسمه مادة الإندورفين بعد حوالي (**10د**)، والبعض الآخر قد يستغرق منه الأمر **20** – **30** دقيقة قبل شعوره بحالة السرور والسعادة الناجمة من إفراز مادة الإندورفين.

واستمرار التمارين سيؤدي أيضا إلى زيادة في التنبيه العصبي السمبثاوي مع زيادة في الإنتاج القلبي وزيادة الدورة التنفسية، وإيقاف التمارين سيؤدي إلى تراجع هذه المظاهر والعودة إلى الحالة التي كان عليها الجسم قبل الانخراط في التمارين وكل ذلك يدلل على وجود ترابط وتوافق منتظم بصورة مباشرة بين المركز العصبي الحركي وتغير إفراز الهرمونات من الغدد.

- تأثير التمارين الرياضية على الجهاز الغددي : الطريقة التي تؤثر بها التمارين الرياضية المنتظمة على الهرمونات:

- هرمون النمو: يذكر أن هذا الهرمون يحفز عملية تركيب البروتين، كما أنه يؤثر على قوة العظام، والغضاريف و يزداد معدل إفراز هرمون النمو، الذي تفرزه الغدة النخامية كلما إزدادت فترة تأدية تمارين 'الإيروبيك.'

- هرمون الاندورفين:وهو هرمون آخر تفرزه الغدة النخامية، ويلعب دور المسكّن للآلام. كما أنه يعمل على سدّ الشهية، ويقلل أيضا من حدة التوتر والقلق. ومن الجدير بالذكر أن معدل إفراز هذا الهرمون يزداد كلما زادت فترة تأدية تمارين 'الآيروبيك' عن النصف ساعة.

- هرمون التيستوسترون: يزداد في الدم أثناء ممارسة التمارين الرياضية، ويبقى الهرمون في الدم لفترة تتراوح من ساعة الى ثلاث ساعات بعد الانتهاء من إداء التمارين.

- هرمون الإستروجين :يساعد هذا الهرمون على تسريع عملية تدمير مخزون الدهون في الجسم، يزداد بممارسة التمارين الرياضية. ويبقى الهرمون في الدم لفترة تتراوح من ساعة الى أربع ساعات بعد الانتهاء من تأدية التمارين.

- هرمون إيبينيفرين: يفرز هذا الهرمون من الغدة الكظرية، ويعمل على زيادة كمية الدم الذي يضخه القلب. كما أنه يساعد الجسم على التخلص من ' الجلايكوجين ' يعمل أيضا على تدمير الدهون المخزنة في العضلات النشطة. وتعتمد كمية هذا الهرمون على قوة التمارين والفترة الزمنية التي تستغرقها .

- هرمون الإنسولين : معدلات الإنسولين تبدأ بالتناقص بعد مرور ما يقارب العشرة دقائق على بدء تمارين 'الأيروبيك.'

- هرمون الجلوكاغون : إفراز هذا الهرمون يبدأ بعد مرور نصف ساعة على بدء ممارسة التمارين الرياضية، وذلك لأن نسبة سكر الدم تبدأ بالتناقص أثناء ممارسة التمارين الرياضية.

- جدول يبين وظائف الهرمونات أثناء الجهد البدني

الغدة	الهرمون		الوظيفة
الدرقية	Thyroxin الثيروكسين T4 و T3		- زيادة المعدل الايضي لتغطية احتياجات المجهود الرياضي من الطاقة - استهلاك الاوكسجين المستخلص بالخلاياالعاملة اثناء النشاط الرياضي - زيادة كمية الانزيمات الخلوية مما يساعد في سرعة اتمام العمليات الايضية . - يتحكم في تمثيل المواد الغذائية مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون - يعمل على زيادة عدد كرات الدم الحمراء. - يعمل على زيادة التنفس وضربات القلب. - له أهمية كبرى في نمو الجسم ونشاط الجهاز العصبي
الغدة الكظرية	نخاع الكظر	الأدرينالين النوادرينالين	- العمل على توسيع الأوعية الدموية في الجلد والعضلات لتوصيل الدم الكافي لها. - انقباض الأوعية الدموية مما يؤدي إلى رفع ضغط الدم وزيادة سرعة ضربات القلب وجدير بالذكر إن هذين الهرمونيين يزداد إفرازهما في حالات الشدائد والاضطرابات والخوف والانفعالات والغضب.
	قشرة الكظر	الالدوستيرون والكورتيزول	- تنشيط العمليات الايضية اللازمة لاستمرار العطاء في الجهد البدني . - الاستجابة للضغوط المختلفة مثل حالة التعب او تغيرات البيئة الخارجية المحيطة (حرارة أو برد) اثناء الجهد البدني . - تنبيه عمل القلب والدورة الدموية وفقا للمواقف التدريبية والتنافسية . - الحفاظ على نسبة سكر الكلوكوز في الدم وامداد العضلات بحاجتها منه . - التكيف مع التدريبات الرياضية بخاصة القسرية ومقاومة التعب . - المشاركة في الحفاظ على التوازن الايوني تجنبا لامراض الحرارة .
البنكرياس	هرمون الجلوكاجون		- تؤثر المجهودات البدنية التي يستمر أدائها لمدة زمنية طويلة على زيادة إفرازه، وهرمون الجلوكاجون له تأثيرات كبيرة على عمليات التمثيل الغذائي للكربوهيدرات وزيادة نسبة جلوكوز الدم . كما يزيد الهرمون أيضا من سرعة تحويل البروتينات إلى جليكوجين.
الغدة النخامية الخلفية	الهرمون ضد إدرار البول		يعمل هذا الهرمون على زيادة امتصاص الماء في الكلى وإعادته إلى الدم ويلعب ذلك دورا كبيرا في تنظيم التوازن المائي في الجسم وخاصة مع زيادة عمليات التعرق التي تصاحب التدريبات الشاقة في الجو الحار, ويساعد في عمليات التنظيم المائي تلك هرمون الالدوستيرون Aldosterone الذي تفرزه قشرة الغدة الكظرية.

المحاضرة الثامنة ـــــــــــــــــــــــــــــــ أنظمة انتاج الطاقة .

تعرف الطاقة بأنها القدرة على إنجاز شغل معين وهي تنتج داخل الجسم عن طريق عمليات الايض (Metabolism) التي بدورها تشمل مجموعة العمليات البنائية (Anabolism) وعمليات الهدم (Catabolism) ؛و يمكن لقسم من هذه الطاقة أن يخزن على شكل طاقة كامنة (في الكبد والعضلات على شكل جلايكوجين أو بشكل دهون مخزونة في الأنسجة الدهنية وخلال العمليات الأيضية المختلفة تتحول الطاقة الكامنة الموجودة على شكل جلايكوجين أو دهون أو إذا كانت على شكل كلوكوز الموجود في الدم إلى أشكال أخرى من الطاقة . فقد تتحول الى طاقة ميكانيكية في حالة تقلص العضلات ، أو طاقة كيميائية عند تكوين مركب جديد داخل الجسم أوطاقة كهروكيميائية متمثلة بالنفاذية،أو ما يسمى بآلية ضخ الصوديوم التي تحدث في غشاء الخلية، أوطاقة كهربائية في حالة عمل الدماغ والجهاز العصبي عند نقل الإشارات العصبية .

إن جسم الإنسان يمكن أن يؤدي العمل باستخدام الطاقة وهذه الطاقة تكون على شكل حرارة متحررة في الجسم ويمكن قياس الطاقة عن طريق قياس الحرارة إذ تكون وحدة قياس الطاقة هي السعرة (calorie).

وتعرف السعرة بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (1 غرام) من الماء درجة مئوية واحدة (من14.5°م – 15.5°م). وفي التغذية تستخدم وحدة اكبر من السعرة وهي السعرة الكبيرة أو كيلو كالوري (كيلو سعرة)

-أنظمة الطاقة : يعد الغذاء مصدر الطاقة التي يحصل عليها الجسم، والذي يتحول الى طاقة كيميائية تخزن في الجسم وتحرر هذه الطاقة باستخدامها في الانقباض العضلي من خلال المركب (ATP) المخزون في خلايا الجسم، ولا سيما العضلية منها، والذي بانشطاره تنتج الطاقة. (المقصود بـ(ATP) الأدينوزين ثلاثي الفوسفات وهو المصدر المباشر لأنظمة الطاقة اللازمة للنشاط العضلي، وهو أحد المركبات الغنية بالطاقة والمخزونة في معظم الخلايا ولا سيما الخلايا العضلية، وهو يعد أحد أشكال الطاقة الكيميائية التي تستخلص من الطعام)

- القدرة اللاهوائية والإمكانية اللاهوائية وكيفية قياسهما :

القدرة اللاهوائية : هي القدرة على استخدام الطاقة اللاهوائية الناتجة من نظام الطاقة السريع الذي يعتمد على ATP وPc .

ATP : ادينوزين ثلاثي الفوسفات - PC : فوسفات الكرياتين .

وتكون غالبا عند القيام بجهد بدني أقصى في فترة زمنية قصيرة جدا لا تتجاوز (10ثا)

ملاحظة : كمية ATP المخزنة تكون غالبا محدودة .

مقدار الطاقة الفوسفاتية في الجسم : يوجد في كل كلغ من العضلات مخزون (ATP) يقدر ب (**5** ميلي مول) وكمية من فوسفات الكرياتين (PC) تساوي(**15** ميلي مول) ففي حالة شخص وزنه **75** كلغ فان وزن كتلة عضلاته تمثل تقريبا **30** كلغ (أي **40** بالمئة من وزن جسمه) فان مخزون الطاقة المخزنة يصل حوالي (**570 الى 690** ميلي مول).

فإذا استخدم الشخص **20** كلغ من عضلاته في الجهد المبذول ، فان الطاقة الفوسفاتية تكفي للمشي دقيقة واحدة أو هرولة مدة (**20 الى 30 ثا**) أو الجري بأقصى سرعة لمدة **6** ثواني.

أما في حالة أداء جهد بدني في أقصى شدة لمدة (**5** إلى **10** ثواني) فان الجسم يبدأ في الاعتماد على مصدر أخر للطاقة والذي يسمى مصدر الطاقة "قصير المدى" والمتمثل في التحلل اللاهوائي "للجليكوجين و الجلوكوز" بعدما كان معتمدا بنسبة كبيرة على مصدر الطاقة السريع (PC,ATP) في بداية الجهد ،وهو ما يجعل مصدر الطاقة السريع (PC,ATP) يبدأ في الانخفاض و تشير إحدى الدراسات إلى أن تقدير نسبة مشاركة المصدر السريع (PC,ATP) تقارب (23 بالمئة)و المصدر الطاقوي اللاهوائي القصير تقارب نسبة مشاركة (49 بالمئة) من الطاقة الكلية المستخدمة في اختيار القدرة اللاهوائية باستخدام الدراجة لمدة 30 ثانية بشدة قصوى.

أما الإمكانية اللاهوائية : تعني السعة القصوى للنظام قصير الأمد المرتكز على (التحلل اللاهوائي للجليكوجين والجلوكوز)ولهذه الأسباب فان اختبارات قياس القدرة اللاهوائية تتطلب القيام بجهد بشدة قصوى لفترة زمنية قصيرة تتراوح من ثانية واحدة إلى **10** ثواني تقريبا ؛ينما تتطلب اختبارات الإمكانية اللاهوائية زمنا أطول من زمن قياس القدرة اللاهوائية وهذا قصد إجهاد المخزون اللاهوائي قصير المدى المعتمد على "التحلل اللاهوائي للجليكوجين و الجلوكوز" وتتراوح فترة الاختبارات لقياس الإمكانية اللاهوائية بين **60** ثانية و **120** ثانية بالرغم من عدم الاتفاق، وتشير نتائج البحوث التي تتم خلالها تقدير نسبة تدخل كل من الطاقة الهوائية و اللاهوائية أثناء جهد بدني عنيف لمدة دقيقتين حيث من المعروف انه كلما زادت مدة

الجهد البدني انخفضت شدته تدريجيا وانخفضت معه نسبة مشاركة المصادر الطاقوية اللاهوائية و بالمقابل ترتفع نسبة مشاركة المصادر الطاقوية الاهوائية ففي اختبار الجهد البدني الأقصى لمدة (30ثا) تقدر مشاركة المصادر الهوائية بحوالي (15 إلى 28 بالمئة) وبينت البحوث و التجارب ان المصدر الطاقوي القصير المدة المعتمد على التحلل اللاهوائي "للجليكوجين و الجلوكوز" يشارك بنسب متفاوتة في إمداد العضلات العاملة بالطاقة أثناء اختبارات القدرة اللاهوائية التي لا تزيد مدة إجرائها (30ثا) ؛حيث أشارت دراسة تم فيها اخذ عينة من العضلات العاملة و تحليلها كيميائيا إلى أن هناك انخفاض ملحوظ في تركيز كل من (PC) فوسفات الكرياتين (المصدر الطاقوي السريع)وكذلك جليكوجين العضلات (المصدر الطاقوي القصير) بعد ست(6) ثواني فقط من بداية الجهد البدني العنيف ؛ وبمرور الوقت تناقصت نسبة تدخل المصدر الطاقوي السريع وازدادت نسبة تدخل المصدر الطاقوي القصير ؛ وفي بحث أخر تم فيه إحداث انقباض عضلي مكثف عن طريق التنبيه الكهربائي تبين من خلاله أن مشاركة المصدر الطاقوي السريع (فوسفات الكرياتين) كانت هي الأعلى في الثواني الأولى ثم بدأت في الانخفاض مع مرور الوقت لتبدأ نسبة مشاركة المصدر الطاقوي اللاهوائي القصير في الارتفاع أي الاعتماد على تحلل "اللاهوائي للجليكوجين " و فيما يلي جدول يوضح نسبة مشاركة كل من الشعبة الطاقوية "الهوائية" و الشعبة "اللاهوائية" في الجهد البدني العنيف قصير المدة:

جدول يوضح نسبة مساهمة الشعب الطاقوية الثلاث :

الزمن	نسبة مشاركة الطاقة اللاهوائية	نسبة مشاركة الطاقة الهوائية
من 0 إلى 30 ثانية	80	20
من 30 إلى 60 ثانية	60	40
من 60 إلى 90 ثانية	40	60
من 90 إلى 120 ثانية	35	65
من 120 إلى حتى التعب	30	70

في مجال النشاط الرياضي فان الفعاليات الرياضية المختلفة تحتاج إلى متطلبات مختلفة من النشاط البدني أيضا، واختلاف في أنظمة الطاقة ؛ ولكي نفهم الطريقة التي تفي بها البرامج التدريبية المختلفة بالمتطلبات المختلفة للأنشطة البدنية، فمن الضروري فهم أنظمة الطاقة الأساسية.

- **المصدر الطاقوي السريع (اللاهوائي اللاحمضي) المتركز على ATP و PC**
- المصدر الطاقوي القصير (اللاهوائي الحمضي)المتركز على التحلل اللاهوائي للجليكوجين و الجلوكوز .
- المصدر الطاقوي الهوائي إنتاج الطاقة بوجود (O_2)ويعتمد على الجليكوجين و الأحماض الدهنية

زمن الجهد	طاقة لاهوائية لاحمضية	طاقة لاهوائية حمضية	طاقة هوائية
5 ثواني	85	10	5
10 ثواني	50	35	15
30 ثانية	15	65	20
1 دقيقة	8	62	30
2 دقيقتين	4	46	50
4 دقائق	2	28	70
10 دقائق	1	9	90
30 دقيقة	1	5	94
ساعة	1	2	97
ساعتين	1	1	98

يتبين في الجدول أعلاه أن الشعب الطاقوية الثلاث تنطلق كلها في العمل في وقت واحد مع تفاوت في نسب المساهمة في إنتاج الطاقة وهذا بأخذ بعين الاعتبار شدة الجهد و الزمن .

خصائص النظام الطاقوي اللاهوائي اللاحمضي (المصدر الطاقوي السريع) :

- جاهز للعمل الآني وبشدة عالية بمجرد وصول التنبيه .
- يعتمد على (ATP، PC) كمصدر للطاقة المخزن بالعضلات
- يدوم لفترة قصيرة جدا (من ثانية إلى 5 ثواني) . - شدة العمل القصوى

- أهم الرياضات المعتمدة عليه : رفع الأثقال - الرمي - القفز - **100م** سرعة

- خصائص النظام الطاقوي اللاهوائي الحمضي " المصدر الطاقوي القصير ":

- لا يعتمد على الأكسجين .
- تحدث التفاعلات الكيميائية في سيتوبلازم الخلية .
- مصدر الطاقة فيه الجيلكوجين و الجلوكوز المتواجدين في السيتوبلازم على شكل حبيبات
- سريع في إنتاج الطاقة
- يدوم من **10**ثا إلى **120ثا** ويكون فعالا أكثر بداية من **30ثا** تقريبا وقد يدوم حتى **180ثا**(3 د)
- يتدخل في كل التمارين والأنشطة التي تتطلب جهدا مرتفعا وتتم في زمن قصير لا يمكن خلاله توفير(O_2)
- اهم الرياضة المعتمدة عليه هي التي تدوم من **30** ثا إلى 3 د مثل: **400م** سرعة – جري **800م** – سباحة اقل من **800م** – التزحلق- الجمباز – التزحلق الفني .

- النظام الطاقوي الهوائي : يعني أكسدة المواد الغذائية في الميتاكوندري لتجهيز الطاقة ، والكلوكوز والأحماض الدهنية والأحماض الأمينية من الغذاء بعد أن يجري عليها بعض العمليات فإنها ترتبط مع الأوكسجين لكي تنتج كمية جديدة من الطاقة تستخدم لتحويل (AMP وADP) الى (ATP).

وعند مقارنة النظام الهوائي لأنتاج الطاقة مع نظام الجلايكوجين – حامض اللبنيك ومع النظام الفوسفاجيني فإننا نلاحظ أن السرعة القصوى لتوليد القوة (استهلاك ATP) تكون كالآتي:

النظام الهوائي ← 1 مول ATP / دقيقة.

نظام الجلايكوجين – حامض اللبنيك ← 2.5 مول ATP / دقيقة.

النظام الفوسفاجيني ← 4 مول ATP / دقيقة.

عند مقارنة الأنظمة الثلاثة من حيث التحمل endurance تكون كالآتي:

النظام الفوسفاجيني ← 10 – 15 ثانية

نظام الجلايكوجين – حامض اللبنيك ← 30 – 40 ثانية

النظام الهوائي ← وقت غير محدد (مادامت المواد الغذائية موجودة)

وهكذا نرى أن العضلات تستخدم النظام الفوسفاجيني في حالات القوة الانفجارية أي في وقت قصير.

أما النظام الهوائي فيستخدم في الأحداث الرياضية الطويلة المدى. وبين النظامين فان نظام الكلايكوجين – حامض اللبنيك يستخدم في المسابقات الرياضية التي تحتاج قوة إضافية خلال المسابقات المتوسطة مثل **200** متر إلى **800** متر ركض.

- خصائص النظام الطاقوي الهوائي :

- يعمل على توفير كميات كافية من الأكسجين
- تحدث التفاعلات الكيميائية في "الميتوكندري .
- تنتج الطاقة عن طريق تفاعلات كيميائية كثيرة و معقدة .
- مصدر الطاقة فيه الجليكوجين و الأحماض الدهنية .
- بطيء وإنتاج الطاقة بهذا النظام الطاقوي تكون في الأنشطة البدنية المتوسطة وخفيفة الشدة وتتم في زمن طويل .
- يدوم إنتاج الطاقة لفترة طويلة وقد تصل حتى ساعات .
- إنتاج الطاقة فيه كبير و غير محدود .
- يحتاج إلى كفاءة الجهاز التنفسي و الجهاز الدوري .
- التعب العضلي يكون غالبا متأخرا و لا يحدث مبكرا أي التعب غير مصاحب لإنتاج الطاقة .

جدول يبين خصائص أنظمة حرق الطاقة في الأنشطة الرياضية

ATP-P C	حامض اللاكتيك	النظام الهوائي
لا هوائي	لا هوائي	هوائي
سريع جدا	سريع	بطئ
طاقة كيماوية :P C	طاقة الغذاء كلايكوجين	طاقة الغذاء كلايكوجين دهن بروتين

إنتاج محدود جدا ل ATP	إنتاج محدود جدا ل ATP	إنتاج غير محدود لـ ATP
المخزون العضلي محدود	حامض اللاكتيك يسبب إرهاقاً	لا ينتج مركبات تسبب الإرهاق
الضربات القلبية اكبر من 180ض/د	الضربات القلبية تتراوح مابين 150-180ض/د	الضربات القلبية لا تتعدى 150 ض/د
يستعمل في الأنشطة مثل : 100م- القفز العالي- الجلة- الضربة الراسية في كرة القدم التي تتراوح مدتها من (5 إلى 10 ثواني	يستعمل في الأنشطة التي مدتها 1- 3 دقائق مثل : 400م - 800م	يستعمل في الأنشطة التي تزيد مدتها على 3 دقائق مثل : 1500م .....الخ

- الاستفادة التطبيقية من دراسة أنظمة إنتاج الطاقة في المجال الرياضي :

لكي يحقق برنامج التدريب الهدف المطلوب فان التركيز الأساسي يجب أن يكون على تنمية المقدرات (الفسيولوجية) اللازمة لأداء النشاط البدني التخصصي من هذه المقدرات هي إنتاج الطاقة.

1- تأخير التعب: إن الفهم لكيفية إنتاج الطاقة يساعد على تأخير حدوث التعب.

2- التغذية والأداء: هناك علاقة وثيقة بين التغذية والأداء والدليل على ذلك فقد ثبت أن تناول الغذاء الغني بالكاربوهيدرات لعدة أيام قبل السباق الذي يتطلب المطاولة (مثل عدو المسافات الطويلة) يؤدي إلى تحسين النتائج.

3- **المحافظة على وزن الجسم:** تساعد دراسة أنظمة إنتاج الطاقة المدرب على وضع برنامج التدريب الذي يعمل على الاحتفاظ بوزن الجسم ثابتا مع وصف الغذاء اللازم، كما يمكن وضع برنامج التخلص من الوزن الزائد بطريقة لا تضر صحة لاعبيه.

- مصادر الطاقة لدى الانسان:

إن الوقود المستخدم لإنتاج الطاقة في الجسم يتكون من المواد الكربوهيدراتية و الدهنية، بينما يكون الدور الرئيسي للبروتينات هو بناء الخلايا و ترميم التالف منها ، و بالتالي فإن البروتينات لا تستخدم إلا في حالات نادرة كمصدر للطاقة و ذلك عندما ينتهي المخزون من الكربوهيدرات و الدهون كما في حالات المجاعة . على أن الأحماض الأمينية ، التي هي المكونات الأساسية للبروتينات، يمكن ان تستخدم كمصدر للوقود أثناء الجهد البدني التحملي و لكن على نطاق محدود لا تتجاوز نسبته 5٪. و يوضح الجدول رقم (1) المخزون من الطاقة في جسم الانسان المتوسط الوزن و الذي نسبته طبيعية من الشحوم (15٪ من وزن الجسم)، و يظهر من الجدول أن مجمل الطاقة القادمة من مخزون الجسم من الكربوهيدرات لا تتجاوز 2000 كيلو سعر حراري ، معظمها يأتي من جلايكوجين العضلات ، بينما يصل مجموع الطاقة الممكن الحصول عليها من الشحوم المخزنة في الجسم إلى قرابة 100 ألف كيلو سعر حراري ، و هي طاقة تكفي الشخص من الناحية النظرية لأن يجري 30 سباقا للماراثون بشكل متواصل.

الجدول يبين مقدار المخزون من الطاقة في جسم الانسان الذي يزن 70 كلغم و لديه نسبة الشحوم تبلغ 15٪.

نوع الطاقة		مقدار المخزون	
		غرام	كيلو سعر حراري
الكربوهيدرات	جلايكوجين الكبد	110	451
	جلايكوجين العضلات	350	1435
	جلوكوز في سوائل الجسم	15	62
	المجموع	475	1948
الدهون	شحوم تحت الجلد	10500	95550
	شحوم داخل العضلات	200	1820
	المجموع	10700	97370

المحاضرة التاسعة ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ الاستهلاك الأقصى للأكسجين(VO_2 max)

يعد الاستهلاك الأقصى للأكسجين أو القدرة الهوائية القصوى من أكثر التعابير شيوعاً واستخداماً في حقل فسيولوجيا الجهد البدني ، بل أن قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين ومعرفة مقداره أصبحا من الإجراءات الاعتيادية ضمن اختبارات التقويم الفسيولوجي للرياضيين ، ولكافة ممارسي النشاط البدني على السواء ؛ ويمثل الاستهلاك الأقصى للأكسجين ، الذي يرمز له بالرمز ،(VO_2 max) أقصى قدرة للجسم على أخذ الأكسجين (بواسطة الرئتين) ، ونقله عبر الدم ثم استخلاصه من قبل العضلات العاملة لاستخدامه في عمليات إنتاج الطاقة اللازمة للانقباض العضلي؛ وهو يساوي إجرائياً حاصل ضرب أقصى نتاج

للقلب (كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة) في أقصى فرق شرياني وريدي للأكسجين (الفرق بين محتوى الشريان من الأكسجين ومحتوى الوريد من الأكسجين)ولتوضيح ذلك نشير إلى أن القلب يضخ في كل دقيقة كمية من الدم عبر الشرايين إلى أنسجة الجسم (تسمى نتاج القلب) ، وبمرور هذه الكمية من الدم المحمل بالأكسجين عبر الأنسجة فإنها تقوم باستخلاص كمية من الأكسجين من هذا الدم الشرياني والذي يغادر الأنسجة (العضلات في هذه الحال)متوجهاً إلى القلب مرة أخرى عبر الأوردة،والنتيجة أن هناك فرقاً في كمية الأكسجين بين الدم الشرياني والدم الوريدي، هذا الفرق نسميه بالفرق الشرياني الوريدي للأكسجين وهو يمثل كمية الأكسجين التي استخلصتها العضلات وعليه فإن:

الاستهلاك الأقصى للأكسجين= أقصى نتاج القلب× أقصى فرق شرياني وريدي للأكسجين

- قدرة الجهاز التنفسي على استنشاق أكبر كمية من الهواء و إدخالها إلى الرئتين.

- قدرة الجهاز الدوري على توصيل أكبر كمية من الأوكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم ، ويرتبط ذلك بحجم الدم وعدد الخلايا الدموية الحمراء وتركيز الهيموجلوبين ، ومقدرة الأوعية الدموية على تحويل سريان الدم من الأنسجة الغير العاملة إلى العضلات العاملة. - قدرة الجهاز العضلي على استخلاص الأوكسجين المتوفر لديه ، أي كفاءة عمليات التمثيل الغذائي و إنتاج الطاقة الهوائية.

- أهمية الاستهلاك الأقصى للأكسجين:

من المعروف أن الاستهلاك الأقصى للأكسجين يرتبط ارتباطاً قوياً بالأداء البدني ألتحملي وهو عامل مهم من عوامل التفوق والنجاح في الرياضات التحملية (أي الهوائية) بالإضافة إلى عاملين آخرين هما العتبة اللاهوائية ، وكفاءة الجري أو **اقتصادية الجري** ومما لاشك فيه أن أهمية الاستهلاك الأقصى للأكسجين كعامل محدد للتفوق الرياضي تعتمد إلى حد كبير على نوعية المسابقة التي يشارك فيها ذلك الرياضي ، ففي السباقات القصيرة مثل: العدو السريع (100 و 200 م) و سباحة 50 متراً، تقل أهمية الاستهلاك الأقصى للأكسجين بينما في سباقات تتطلب عنصر التحمل (كالمسافات الطويلة والماراثون وما إلى ذلك) تزداد أهمية الاستهلاك الأقصى للأكسجين والجدول (رقم1) يوضح ذلك ، وتتعدد الأغراض التي يمكن أن يستفاد فيها من نتائج قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين لدى الرياضي، سواء في التدريب أو التشخيص أو الانتقاء ، غير أن تحديد القدرة الهوائية القصوى للرياضي عن طريق قياس استهلاكه الأقصى من الأكسجين بشكل دوري يساعد قطعاً في الأغراض التالية :

1 - التحقق من امتلاك قدرة هوائية عالية عن انتقاء رياضيي التحمل.

2 - معرفة مدى ملائمة الإمكانية الهوائية لدى الرياضي للدور الذي يقوم به في رياضته.

3 - إلى أي مدى يجب التركيز على التدريب الهوائي لدى ذلك الرياضي؟

4 - معرفة نوعية التدريب الهوائي الواجب تطبيقه.

5 - التعرف على معدل التحسن في مستوى القدرة الهوائية من جراء تدريب معين.

6 - ما هي الشدة المثلى التي يجب على اللاعب أن يتدرب عندها؟

7 - مساعدة المدرب والرياضي في معرفة ما إذا كان الرياضي يشكو من انخفاض في مستوى أدائه البدني.

جدول (رقم 01) :مدى أهمية الاستهلاك الأقصى للأكسجين للعديد من الرياضات الشائعة.

مقدار الأهمية	نوع الرياضة
ذو أهمية كبيرة	ألعاب القوى 400 متر – ماراثون ، سباحة 100 م سباحة طويلة ، التجديف، الدراجات، وجميع الرياضات الأخرى التي تتطلب جهداً بدنياً مستمراً لأكثر من دقيقة.
ذو أهمية متوسطة	معظم الألعاب الجماعية ، ككرة القدم ، والسلة ، واليد، والرجبي ، وألعاب المضرب، كالتنس والإسكواش.
ذو أهمية منخفضة	القفز، الرمي، تنس الطاولة، الغطس، الجولف ، الرماية ، وجميع الرياضات الأخرى المشابهة.

وعلى الرغم من أهمية امتلاك مقدار عالٍ من الاستهلاك الأقصى للأكسجين لدى رياضيي المسابقات التحملية ، إلا أن العلاقة بين الاستهلاك الأقصى للأكسجين وزمن الأداء البدني في الرياضات التحملية يعد متفاوتاً جداً، ففي دراسة قام بها **شيبارد** تم خلالها مراجعة 37 بحثاً تطرقت للعلاقة بين الأداء البدني ومعدل الاستهلاك الأقصى للأكسجين وجد أن معامل الارتباط تراوح ما بين 0,04 إلى 0,90 ، ويعود سبب ذلك التفاوت الكبير في العلاقة بين الأداء البدني ومقدار الاستهلاك الأقصى للأكسجين إلى عوامل عديدة من أهمها طبيعة العينة المستخدمة في العلاقة(كلما كان الاستهلاك الأقصى للأكسجين متقارب جداً بين

أفراد العينة كلما ضعفت العلاقة) والحالة التدريبية للمشاركين في الدراسة ، ومقدار العتبة اللاهوائية ، وكفاءة الجري ، والحالة النفسية للمتسابق والظروف المناخية المحيطة بالسباق، وغير ذلك .

2- الحدود الاعتيادية للاستهلاك الأقصى للأكسجين : يجب الإشارة أولاً إلى أن الاستهلاك الأقصى للأكسجين يتم تسجيله إما مطلقاً باللتر في الدقيقة **(الاستهلاك المطلق)** ، أو منسوباً إلى كل كيلوغرام من وزن الجسم (مليلتر/كلغ .دقيقة)، أو ما يسمى **بالاستهلاك النسبي** ، كما ينسب أحياناً إلى كل كلغ من وزن الأجزاء غير الشحمية ؛ وفي السنوات الماضية بدء الاهتمام يعود إلى قسمة الاستهلاك الأقصى للأكسجين المطلق (باللتر في الدقيقة) إلى نسبة من ثلث وزن الجسم أو ثلاثة أرباع الوزن) وفي الرياضات التي يتم فيها حمل الجسم مثل الجري أو التزلج ، فإن أفضل مؤشر للتعبير عن الاستهلاك الأقصى للأكسجين هو الاستهلاك النسبي(ملي لتر/ كلغ .في الدقيقة) ، أما في الرياضات التي لا يتم فيها حمل الجسم ، وتتطلب قدرة هوائية مطلقة مرتفعة مثل التجديف فإن أفضل مؤشر للقدرة الهوائية القصوى للفرد هو الاستهلاك المطلق (لتر في الدقيقة)، لأن الغرض هنا هو إنتاج أكبر قدرة مطلقة.

ويبلغ الاستهلاك الأقصى للأكسجين لدى بعض الرياضيين أكثر من 5 لترات في الدقيقة وقد يصل إلى 6 أو 7 لترات في الدقيقة ، كما هو الحال لدى بعض المتزلجين الاسكندنافيين .(أما الاستهلاك الأقصى للأكسجين النسبي ، فيصل لدى بعض الرياضيين المتميزين في رياضات جري المسافات الطويلة والماراثون إلى 80 مليلتر/ كلغ .دقيقة) تم تسجيل رقم قياسي لأحد الرياضيين الاسكندنافيين الذي تجاوز استهلاكه الأقصى من الأكسجين 90 (مليلتر/كلغ .دقيقة) والجدول (رقم 02) يبين معايير اللياقة القلبية التنفسية تبعاً للفئة العمرية ونوع الجنس، بناء على بيانات في دراسة طولية أجريت في مركز تكساس للبحوث الهوائية في الولايات المتحدة الأمريكية.

الجدول (رقم 02) يبين معاييرلقيم اللياقة القلبية التنفسية تبعاً للفئة العمرية ونوع الجنس، بناء على بيانات في دراسة طولية أجريت في مركز تكساس للبحوث الهوائية في الولايات المتحدة الأمريكية.

مستوى اللياقة القلبية التنفسية		ذكور	إناث
العمر : 20الى 29 سنة	منخفض	37,13 أو فأقل	30,63 أو أقل
	متوسط	37,14 إلى 44,22	30,64 إلى 36,64
	مرتفع	44,23 أو أكثر	36,64 أو أكثر
العمر : 30الى 39 سنة	منخفض	35,35 أو أقل	28,70 أو أقل
	متوسط	35,36 إلى 42,41	28,71 إلى 34,59
	مرتفع	42,42 أو أكثر	34,60 أو أكثر
العمر : 40الى 49 سنة	منخفض	33,04 أو أقل	26,54 أو أقل
	متوسط	33,05 إلى 39,88	26,55 إلى 32,30
	مرتفع	39,89 أو أكثر	32,31 أو أكثر

3-العوامل المؤثرة على والاستهلاك الأقصى للأوكسجين:

العوامل المؤثرة على الاستهلاك الأقصى للأوكسجين	قدرة الدم على حمل الأوكسجين	عوامل مرتبطة بنقل الأوكسجين	نتاج القلب
			كمية الهيموغلوبين
			تركيز الهيموغلوبين
			حجم الدم وضغطه
	قدرة العضلات على استخلاصه	عوامل مرتبطة باستخلاص الأوكسجين	كثافة الاوعية الشعرية
			حجم جريان الدم في العضلات
			كثافة الميتاكوندري
			نشاط الإنزيمات الهوائية

-التدريب البدني والاستهلاك الأقصى للأكسجين : على الرغم من أن الوراثة تساهم بدورٍ ملحوظ في مدى امتلاك الفرد لحجم عالٍ من الاستهلاك الأقصى للأكسجين ، إلا أن التدريب البدني الهوائي (التحملي) يؤدي إلى ارتفاع حجم الاستهلاك الأقصى للأكسجين لدى الفرد مقارنة بما قبل التدريب ؛ ويقصد بالتدريب الهوائي ذلك التدريب البدني ذا الوتيرة المستمرة والذي غالباً ما يتطلب انقباضاً عضلياً مستمراً لفترة من الوقت ، كما في الهرولة والجري المستمر أو السباحة أو الدراجات أو التزلج أو

التجديف أو ما شابه ذلك وعلى عكس التدريب الهوائي ، لا يؤدي التدريب اللاهوائي كما في تدريبات السرعة أو القدرة العضلية إلى أي تحسن ملحوظ في الاستهلاك الأقصى للأكسجين ، ويتفاوت الأفراد في الاستجابة للتدريب البدني ، فالبعض يستجيب بشكل ملحوظ والبعض الآخر تكون استجابته منخفضة والملاحظ أن التحسن في الاستهلاك الأقصى للأكسجين من جراء التدريب البدني التحملي أو الهوائي يعتمد على عدة عوامل منها شدة التدريب البدني ومدته وتكراره في الأسبوع،واللياقة البدنية للفرد قبل التدريب ، وعمر المتدرب أيضاً.

تشير الدراسات العلمية إلى أن الزيادة في الاستهلاك الأقصى للأكسجين من جراء التدريب البدني تصل في المعدل من 10الى 20٪ نتيجة لبرنامج تدريبي تتراوح مدته من 3 – 6 أشهر، على الرغم من أن بعض **الدراسات قد سجلت زيادة كبيرة في الاستهلاك الأقصى للأكسجين من جراء التدريب البدني لدى غير المتدربين وصلت إلى حوالي 40 ٪ مقارنة بما قبل التدريب.**

وعلى الرغم من أهمية التدريب الهوائي المستمر إلا أن بعض البحوث تشير إلى أن التدريب الفتري (الذي يتم فيه التناوب بين الجهد البدني المرتفع الشدة والراحة البينية)يؤدي أيضاً إلى تحسن في الاستهلاك الأقصى للأكسجين ، ففي تجربة أجريت حديثاً تم فيها إخضاع مجموعة من الأفراد الجامعيين بشكل عشوائي إلى أربع أنماط من التدريب البدني لمدة 8 أسابيع ، حيث مارست المجموعة الأولى التدريب البدني الهوائي المستمر لمدة 45 دقيقة في كل مرة عند شدة تعادل 70 ٪ من ضربات القلب القصوى (مستمر 70٪)، والمجموعة الثانية مارست تدريباً بدنياً هوائياً مستمراً لكن عند شدة تعادل مستوى عتبة حمض اللبنيك 85 ٪ من ضربات القلب القصوى (لمدة 24,3 دقيقة (مستمر 85٪)، والمجموعة الثالثة مارست تدريباً فترياً عند شدة 90– 95٪ من ضربات القلب القصوى لمدة 15 ثانية مع راحة نشطة لمدة 15 ثانية(فتري 15× 15) .أما المجموعة الرابعة فمارست تدريباً فترياً عند شدة 90– 95٪ من ضربات القلب القصوى لمدة 4 دقائق تكررت 4 مرات وكان بينها راحة نشطة لمدة 3 دقائق عند شدة توازي 70 ٪ من ضربات القلب القصوى (فتري 4×4) ؛ ولقد بينت نتائج هذا أن التدريب الفتري فقط نتج عنه تحسن ملحوظ في كل من الاستهلاك الأقصى للأكسجين وفي حجم الضربة ، وكما أن التدريب البدني الهوائي يؤدي إلى زيادة الاستهلاك الأقصى للأكسجين فإن الركون للراحة يؤدي إلى انخفاض قدرة الفرد الهوائية (أو استهلاكه الأقصى للأكسجين).

4- العوامل المؤثرة على قيمة الحد الأقصى لاستهلاك للأكسجين(القدرة الهوائية القصوى) :

- **عامل الجنس :** تصل النساء إلى نسبة **70** ٪ كمعدل للاستهلاك الأقصى للأوكسجين مقارنة بالرجال ، ويتفوق الرجال بنسبة تصل من **40** ٪إلى **60** ٪ ويعتقد ان السبب في ذلك انخفاض مستوى الهيموغلوبين من **10**٪ إلى **14** ٪ لدى النساء مقارنة بالرجال .

- **العمر:**تصل أعلى قيمة للاستهلاك الأقصى للأكسجين لدى الفرد مابين 18- 25 سنة على أن هذه القيمة تبدأ بالتناقص التدريجي مع التقدم في العمر ، حيث نجد أن الاستهلاك الأقصى للأكسجين للفرد عند عمر 60 سنة يقل عن مستواه عند سن العشرين بنسبة تصل إلى حوالي 30 ٪ والجدير بالملاحظة أن التدريب البدني المنتظم يقلل من هذا التناقص التدريجي الذي يحدث مع التقدم في العمر ويعتقد أن الانخفاض في الاستهلاك الأقصى للأكسجين مع التقدم في العمر يعود جزئياً إلى الانخفاض **في ضربات القلب القصوى والانخفاض** في حاصل القلب الأقصى مع التقدم في العمر ، بالإضافة إلى **انخفاض مستوى النشاط البدني للفرد.**

- **نوعية الاختبار المستخدم** : فاستخدام السير المتحرك على سبيل المثال يؤدي إلى الوصول في الغالب إلى مستوى من الاستهلاك الأقصى للأكسجين أعلى مما في حالة استخدام الدراجة الثابتة ، كما أن استخدام أداة قياس للجهد البدني تحاكي إلى حد كبير ما يستعمله الرياضي أثناء التدريب أو المسابقة يعطي مقداراً أعلى من الاستهلاك الأقصى للأكسجين مقارنة بأداة أخرى غير متعود عليها الرياضي.

- **الحالة التدريبية:**كلما كان الفرد في لياقة بدنية عالية قبل الانخراط في التدريب كان التحسن في مقدار الاستهلاك الأقصى للأكسجين من جراء التدريب البدني .

- **التكوين الجسمي للفرد:**عند حساب الاستهلاك الأقصى للأكسجين بالحجم المطلق (لتر في الدقيقة) ، فإن الأفراد الذين يمتلكون أجساماً ضخمة وعضلات كبيرة سيحققون في الغالب مستوى عالياً من الاستهلاك الأقصى للأكسجين ؛ أما في الرياضات التي تتطلب أن يحمل الفرد جسمه كما في الجري فإن العبرة ليست بالاستهلاك المطلق وحده ولكن ينبغي حساب

الاستهلاك الأقصى للأكسجين نسبة إلى كل كلغ من وزن الجسم ، لأن ذلك يعتبر مؤشراً أفضل لمعرفة القدرة الهوائية القصوى للفرد ، وبالتالي قدرته على الأداء البدني التحملي في رياضة تتطلب الجري.

5- وحدات حساب الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين: يمكن حساب الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بطريقتين هما:

- الطريقة المطلقة: لتر/دقيقة.
- الطريقة النسبية: مليلتر.كلغ/د (مليلتر لكل غرام من وزن الجسم).

-طرق قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين :يتم تحديد الاستهلاك الأقصى للأكسجين بطرقتين:

- الطريقة المباشرة (القياس المباشر للحد الأقصى للأكسجين).
- الطريقة غير المباشرة (التنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين).

أولاً: القياس المباشر للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

يتم قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين بطريقة مباشرة ومعملية من خلال متغيرات قياس التبادل الغازي، ويستهدف معرفة كمية الأوكسجين الداخلة مع هواء الشهيق ، وكمية الأكسجين الخارجة مع هواء الزفير، بحيث يدل الفرق بين الكميتين على مقدار الأكسجين الذي يستخدمه الجسم عن طريق نظام النقل الإلكتروني للميتوكوندريا لإنتاج الطاقة الهوائية ؛ ويمثل الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين الفرق بين حجم الأوكسجين الداخل إلى الرئتين (الشهيق) وحجم الأكسجين الخارج من الرئتين مع هواء الزفير. **(الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين = حجم أكسجين هواء الشهيق - حجم أكسجين هواء الزفير)**

ويتطلب ذلك مختبراً مجهزاً بالأجهزة اللازمة لقياس نسبة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وحجم التهوية الرئوية أثناء قيام الفرد بأداء جهد بدني أقصى باستخدام بعض أشكال التمرينات البدنية مثل المشي أو الجري على السير المتحرك ، أو الخطو على المقعد ، أو التبديل على الدراجة الأرجومترية ، كما يمكن قياسه أثناء السباحة أو التجديف؛كما يتطلب تشغيل هذه الأجهزة خبراء متخصصون ، إضافة إلى كونها تستغرق وقتاً طويلاً في التنفيذ بحيث تصبح غير مناسبة عند تطبيقها على مجموعات كبيرة العدد.

طريقة قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين المباشرة:

تتلخص الطريقة بأن يعرض المفحوص إلى بذل أقصى جهد بدني ممكن باستخدام السير المتحرك أو الدراجة الثابتة، ثم قياس أقصى استهلاك للأكسجين لديه عن طريق معرفة نسبة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في هواء الزفير وكذلك معرفة حجم هواء الزفير في الدقيقة ، ومن ذلك يمكن معرفة الاستهلاك الأقصى للأكسجين اللتر في الدقيقة ؛ حيث يتم جمع هواء الزفير طوال فترة أداء الاختبار عن طريق استخدام **جهاز سبيروميتر** متنقل أو عن طرق أكياس **دوجلاس** ، وللتأكد من أن المفحوص قد حقق المستوى الحقيقي لاستهلاكه الأقصى للأكسجين يتفق الكثير من المختصين على وجوب تحقيق الشروط التالية:

1- وصول المفحوص على ضربات القلب القصوى المتوقعة لديه.
2- أن مستوى استهلاك الأكسجين أخذ في الاستقرار أو الزيادة البسيطة جداً على الرغم من زيادة الجهد البدني.

ثانياً: القياس غير المباشر للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

وتستخدم هذه الطريقة للتنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين وهى تعبّر عن قيمة غير معلومة يتم الحصول عليها عن طريق قياس متغيرات معّرفة وهى:

- معدل القلب قبل المجهود البدني ، والاستجابات التي تحدث لهذا المعدل نتيجة للمجهود و تستخدم الاستجابات التي تحدث لمعدل القلب أثناء المجهود البدني كمتغير تجريبي مهم للتنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين و يطلق على هذه الطريقة القياس غير المباشر وذلك لكونها تعتمد على استخدام عدد من المعادلات الرياضية، والتي تم إعدادها للتنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين وفقاً لبعض الأساليب الإحصائية ، (مثال الانحدار المتعدد).

- الأدوات والأجهزة المستخدمة لتقنين الأحمال البدنية عند قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين.

- الخطو على المقعد. - العمل على الدراجة الأرجومترية. - المشي أو الجري على السير المتحرك.
- السباحة في القناة الصناعية. - الأداء في بعض الأنشطة الرياضية "كالدراجات، التجديف.

- الطرق الغير المباشرة لتحديد الاستهلاك الأقصى الأكسجين: فضلاً عن أن الطرق المعملية تتطلب مختبراً مجهزاً بالأدوات اللازمة لقياس استهلاك الأكسجين فهي غير عملية عند اختبار عدد كبير من المفحوصين وعلى نطاق واسع لما يتطلبه ذلك من جهد ودقة وتكلفة أيضاً ، ولهذا يكثر استخدام الطرق غير المباشرة أو الميدانية والتي يتم من خلالها **تقدير** وليس قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين ومعظم الاختبارات غير المباشرة **لتقدير الاستهلاك الأقصى للأكسجين** مبنية على افتراض أن هناك علاقة خطية بين ضربات القلب واستهلاك الأكسجين أثناء الجهد البدني؛ وهنالك العديد من هذه الاختبارات وهي:(اختبارات السير المتحرك ، اختبارات الدراجة الثابتة ، اختبارات صندوق الخطوة ، اختبارات جري المسافة)

- تقدير الاستهلاك الأقصى للأكسجين من خلال اختبارات ميدانية :

تعتمد هذه الاختبارات الميدانية على زمن الأداء أثناء مشي أو جري مسافة معينة ، أو على حساب المسافة المقطوعة أثناء المشي أو الجري لمدة زمنية محددة ، وهي اختبارات لا تتطلب أي أدوات أو تجهيزات غير عادية؛ إن تقدير الاستهلاك الأقصى للأكسجين في هذا النوع من الاختبارات مبني على العلاقة الخطية بين سرعة الجري ومعدل استهلاك الأكسجين عند تلك السرعة، وهذه بعض الاختبارات مع معادلاتها التنبؤية:

- اختبار بلكي Balke لجري أو مشي 15 دقيقة:

الأدوات : ارض مستوية أو مضمار، أقماع ، ساعة إيقاف

شرح الاختبار : يقف اللاعب عند خط البداية وعند الإشارة يبدأ بالركض ويتم اخذ المسافة المقطوعة في 15 دقيقة ، يسمح بالمشي ويجب على اللاعب أن يدفع نفسه لإنهاء الاختبار حتى يتم احتساب النتيجة للاعب ، ويتم تقدير الاستهلاك الأقصى للأكسجين باستخدام المعادلة التالية:

الاستهلاك الأقصى للأكسجين) مليلتر /كلغ .دقيقة = 0,172 × ((المسافة المقطوعة بالمتر÷ 15)– 133) + 33,3

- اختبار الهرولة لمسافة ميل واحد:

هو اختبار يعتمد على الهرولة لمسافة ميل واحد **1609** متر، ويصلح هذا الاختبار للشباب الأصحاء ممن تتراوح أعمارهم ما بين18 إلى **29** سنة، حيث تم تطوير ذلك الاختبار على عينة في هذه الفئة العمرية من الرجال والنساء .وتتلخص إجراءات الاختبار بالهرولة بخطوة مريحة وثابتة طوال المسافة المحددة، ثم قياس الزمن المستغرق في قطع مسافة الميل وكذلك حساب معدل ضربات القلب مباشرة بعد الانتهاء من الاختبار، ومن ثم تطبيق المعادلة التنبؤية التالية:

الاستهلاك الأقصى للأكسجين) مليلتر /كجم . دقيقة = 88,02 - (0,1656× وزن الجسم بـ كلغ) - (2,7 × الزمن بالدقائق) + (3,716 × نوع الجنس)

حيث نوع الجنس يعطى 1 للذكور، وصفر للإناث

المحاضرة العاشرة ـــــــــــــــــ المرتفعات والجهد البدني .

يتأثّر الإنسان بالضغط الجوّي بسبب كميّة الأكسجين ، حيث أنّ الأكسجين يقل كلّما انخفض الضّغط الجوّي أي كلّما زاد الارتفاع عن سطح البحر ففي المناطق المنخفضة عن سطح البحر يكون الهواء مشبع بالأكسجين أمّا في حالة الارتفاعات العالية قد يبدأ النّاس بالشّعور بالأعراض مثل الدّاور ، الدّوخة ، التّعب ، ولكن يستطيع البشر العيش و التأقلم في المناطق التي يصل ارتفاعها إلى **5500** متر فوق سطح البحر و تحتوي على نصف كميّة الأكسجين الموجودة عند مستوى سطح البحر إلا أنّ جسم الإنسان قادر على التأقلم مع هذا ، كما أن أخفض بقعة على الأرض و هي **الغور** بالأردن فإنّها تنخفض بمقدار **390** مترا عن سطح البحر ، و هي كذلك تسبب مشاكل للإنسان غير المتعود فهو يشعر بتسكير مستمر في أذنيه بسبب زيادة الضغط و هو مضطر للتثاؤب أو فتح الفم بشكل كبير من وقت لآخر للتخلص من ذلك الضغط الزائد داخل أذنيه ؛ أمّا في المناطق العالية جداً مثل قمم الجبال فلا يمكن البقاء من دون أنبوبة أكسجين إضافيّة ، خاصّةً في أعلى قمّة على الأرض وهي جبال إفرست(**8848م**). ويقدر العلماء بأن الارتفاعات الأكثر من **7500** متر فوق سطح البحر هي غير مناسبة للإنسان بل قاتله لأن ليس هنالك أكسجين كافي للتنفّس ؛ والتدريب في المرتفعات يعتمد بصيغة أساسية على التغيرات التي تحدث في أجهزة الجسم المختلفة(التغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية) والتي تنتج من خلال التعرض للتغيرات في المناخ الذي يميز الأماكن والمدن المرتفعة عن سطح البحر .

- تأثير المرتفعات على القدرة الهوائية القصوى : من المعروف أن القدرة الهوائية القصوى**VO2 max** **تتأثر** سلباً بالمرتفعات حيث تشير (الدراسات العلمية إلى أن هناك فقداناً في القدرة الهوائية القصوى يصل إلى **3.5** ٪ لكل **305** م صعود فوق

ارتفاع **1500** م من مستوى سطح البحر (أي أن مقدار الانخفاض في القدرة الهوائية القصوى يبلغ حوالي (**12**٪ إلى **15**٪) عند الصعود إلى مستوى **2500** م فوق مستوى سطح البحر)؛ غير أن البعض يعتقد أن الانخفاض في القدرة الهوائية القصوى قد يكون على صورة أشد من ذلك ؛ ولقد تم التنبؤ بمقدار الاستهلاك الأقصى للأكسجين عند قمة **أيفرست في جبال الهيملايا** بحوالي **350** إلى **500** ملليتر في الدقيقة ، وهو لا يختلف كثيراً عن معدل استهلاك الأكسجين أثناء الراحة الذي يبلغ **260** إلى **280** ملليلتر في الدقيقة لشخص متوسط الحجم ؛ علماً بأن الاستهلاك الأقصى للأكسجين يتأثر لدى الرياضيين عند بلوغهم ارتفاع يصل إلى **900** متر فوق مستوى سطح البحر، غير أن الشخص العادي قد لا يتأثر استهلاكه الأقصى للأكسجين قبل الوصول إلى **1200** متر فوق مستوى سطح البحر؛ويحدث الانخفاض في الاستهلاك الأقصى للأوكسجين بسبب الانخفاض في الضغط الجوي للهواء ، وما يعقبه من انخفاض في الضغط الجزئي للأوكسجين ، كلما ارتفعنا عن سطح البحر ؛ إن انخفاض الضغط الجزئي للأوكسجين يؤدي إلى خفض ضغط الأوكسجين في الحويصلات الرئوية ، وبالتالي انخفاض نسبة تشبع الدم الشرياني بالأوكسجين ، **وبالتالي انخفاض في الأداء البدني في الرياضات التي تتطلب عنصر التحمل** مثل جري مسافة **1500** م فأكثر ولتوضيح ذلك تجدر الإشارة إلى أن كثافة الهواء تنخفض مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر ، فالضغط الجوي للهواء عند مستوى سطح البحر يبلغ **760 ملي متر زئبقي** ، لكن هذا الضغط الجوي ينخفض مع الارتفاع عن سطح البحر، ليصل إلى **510**ملم زئبقي عند ارتفاع **3048** م فوق مستوى سطح البحر؛ أما عند ارتفاع **5846** م فوق مستوى سطح البحر ، فيصل الضغط الجوي للهواء إلى نصف ما هو عليه عند مستوى سطح البحر؛ على الرغم من أن نسبة تركيز الأوكسجين في المرتفعات تبقى كما هي عند سطح البحر(٪ **20.93**) ، إلا أن الضغط الجزئي للأوكسجين ينخفض مع الارتفاع عن سطح البحر نتيجة لانخفاض الضغط الكلي للهواء،حيث أن الضغط الجزئي للأوكسجين يساوي نسبة تركيز الأوكسجين ٪ **20.93** مضروباً بمقدار الضغط الكلي للهواء، وحيث أن الضغط الكلي للهواء ينخفض مع الارتفاع فنجد أن الضغط الجزئي للأوكسجين ينخفض تبعاً لذلك ، فالضغط الجزئي للأوكسجين عند مستوى سطح البحر يصل إلى **159** ملم /زئبقي **(0.2093 × 760ملم /زئبقي)** ، إلا أن هذا الضغط الجزئي للأوكسجين ينخفض عند ارتفاع **30489** م فوق سطح البحر ليبلغ **107** ملم / زئبقي، ويوضح الجدول التالي كل من الضغط الجوي وضغط الأكسجين عند مرتفعات مختلفة عن مستوى سطح البحر.

- جدول يبين تغيرات الضغط الجوي و ضغط الأكسجين بالنسبة للارتفاع

المرتفعات	الضغط الجوي (ملم زئبقي)	ضغط الأكسجين (ملم زئبقي)
مستوى سطح البحر	760	159.2
1000	674	141.2
2000	596	124.9
3000	526	110.2
4000	462	96.9
9000	231	84.4

- أعراض داء المرتفعات

- فقدان الشهية. - الصداع. - التعب أو الضعف. الدوخة أو الدوار الخفيف. - الأرق.
- ضيق في التنفس عند الإجهاد. -نزيف الأنف. -استمرار النبض السريع. -النعاس.
- وذمة طرفية (تورم اليدين والقدمين، والوجه). - الإحساس بالحر والحرارة.

الأعراض الحادة : وتشمل الأعراض التي قد تشير إلى إصابة تهدد الحياة بداء المرتفعات ما يلي:

- وذمة رئوية (السوائل في الرئتين). - أعراض مشابهة لالتهاب الشعب الهوائية.- السعال الجاف المتواصل.
- الحمى. - ضيق في التنفس حتى في أثناء الراحة. - وذمة دماغية (تورم في الدماغ). - صداع لا يستجيب للمسكنات.
- فقدان الاتزان خلال السير. - فقدان الوعي التدريجي. - زيادة الغثيان. - نزيف في شبكية العين.

- التغيرات والتكيفات الفسيولوجية المصاحبة للجهد البدني في المرتفعات :

التغيرات الفسيولوجية التي تطرأ على الجسم خلال التدريب في المرتفعات تعود إلى قلة تركيز الأكسجين في الهواء ؛ بفعل اختلاف الضغوط مما **ينتج نوع من اختناق الأنسجة يسمى (هيبوكسيا)**؛ويعاني الرياضي من بعض الأعراض التي تتراوح شدتها من الخفيفة إلى الشديدة وتتطور تدريجياً وهذه **الأعراض هي :(الصداع - التعب - ضيق التنفس)**، أما الشديدة فهي تؤثر

على **مستوى الوعي، والتشنجات والغيبوبة ، تنتج عن الاستسقاء الرئوي** ؛ وبناءً على ذلك يقوم الجسم بعدة عمليات حيوية وتكيفية (فسيولوجية) من أجل المحافظة على استقرار الجسم ، وتبدأ هذه الأعراض عند الارتفاع لأكثر من **2400** م ، حيث يبدأ الجسم بإحداث **تغيرات فسيولوجية من شأنها الحفاظ على استقرار الجسم** .

أهم التغيرات التي تطرأ على الجسم كاستجابة للتدريب على المرتفعات:

- يزداد معدل التنفس في حالة الراحة وأثناء التدريب لتعويض النقص في ضغط الاكسجين .- يزداد ضغط الدم.
- زيادة في معدل ضربات القلب وقت الراحة وأثناء أداء الأنشطة مقارنة بما يحصل عند مستوى سطح البحر .
- يزداد الدفع القلبي للدم . - تزداد عمليات التمثيل الغذائي.
- يقل ضغط الأكسجين داخل الشرايين. - يقل الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين.
- يقل وصول الأكسجين إلى الأنسجة العضلية. - اتساع الأوعية الدموية لزيادة وصول الدم إلى الخلايا .
- يزداد عدد كريات الدم الحمراء الناتجة عن تحفيز نخاع العظم بفعل هرمون(الإريثروبويتين) (Erythropoiten) والذي تفرزه الكبد بنسبة **(15 ٪)** والكلية بنسبة (**85 ٪**) بشكل رئيسي وارتفاع مستواه في الدم خلال **(24-48)** ساعة بفعل نقص الأكسجين .
- يقل حجم بلازما الدم إن الآليات الطبيعية الخاصة بتوازن السائل تكون مضطربة عند التعرض للارتفاعات العالية ، فإن بلازما يقل ما بين (3- 5ملم/ كغم) ويحصل هذا نسبياً وبشكل سريع بعد الوصول إلى هذه الارتفاعات .
- زيادة حجم الرئتان وزيادة عدد الحويصلات الهوائية اللازمة في عملية تبادل الغازات .
- تقل نسبة الماء الكلية في الجسم بحوالي (5 ٪) ويعزى سبب النقص الحاصل في الماء في الجسم إلى نقص كمية الماء الداخل للجسم وترافقاً مع فقدان متزايد للماء من خلال إخراج البول ، ولا يتغير معدل وجود الصوديوم و البوتاسيوم في الجسم .
- يزداد معدل التنفس في حالة الراحة وأثناء التدريب لتعويض النقص في ضغط الأكسجين.
- يزداد ثاني أكسيد الكربون بما يساعد على زيادة معدل PH الدم ويميل الى القلوية.
- **تغيرات دموية:**بفعل نقص الأكسجين (Hypoxia) والتي تعتبر المحفز الرئيسي لإفراز هرمون **الإريثروبويتين** (Erythropoietin) في الدم من الكليتين والكبد وارتفاع مستواه في الدم خلال (**24- 48**) ساعة، وبدوره يقوم بتحفيز نخاع العظم لإنتاج كريات الدم الحمراء ، مما يؤدي إلى زيادة حجم الدم وزيادة في تركيز الهيموجلوبين (hemoglobin) من أجل تحسين وصول الأكسجين إلى الأنسجة وزيادة قابلية ارتباط الأكسجين بكريات الدم الحمراء.
- **التغيرات على السائل (البلازما)** : إن الآليات الطبيعية الخاصة بتوازن السائل تكون مضطربة عند التعرض للارتفاعات العالية ، ويكون الموقف أكثر تعقيداً عند القيام بالتمارين في الارتفاعات ما بين (**3500- 4000م**) فإن بلازما يقل ما بين (**3- 5** ملم/ كلغ) ويحصل هذا نسبياً وبشكل سريع بعد الوصول إلى هذه الارتفاعات ، ويظهر نوع من العجز ويستمر لفترة (**3** أو **4**) أشهر قبل أن يتم التكيف ليعود إلى المستوى الطبيعي ؛ وتقل نسبة الماء الكلية في الجسم بحوالي (**5** ٪) ويعزى سبب النقص الحاصل للماء في الجسم الى نقص كمية الماء الداخل للجسم وترافقاً مع فقدان متزايد للماء من خلال إخراج البول ، ولا يتغير معدل وجود الصوديوم والبوتاسيوم في الجسم ؛ ويشير (Mason, 2000) إلى أن التناقص السريع لحجم البلازما عند التواجد ضمن المرتفعات العالية يؤدي إلى زيادة في تركيز الهيموجلوبين، وفي نفس الوقت عند حصول نقص في حجم البلازما، فإن نقص الأكسجين يحفز الكبد والكلى على إنتاج هرمون (الارثروبيتين) وبالتالي أنتاج كريات الدم الحمراء عن الاستجابة لهذا الهرمون تكون سريعة ونلاحظ تزايد التركيز بعد مرور ساعتين فقط على التواجد ضمن المرتفعات العالية، وتصل الاستجابة إلى أعلى مستوياتها في غضون يومين، ثم تعود إلى مستوياتها عند مستوى سطح البحر في غضون (3) أسابيع؛ في حين يعود الهرمون لمستواه الطبيعي بعد العودة لمستوى سطح البحر بعد (6) أسابيع ، وبالرغم من استمرار الزيادة في كريات الدم الحمراء وكتلة الخلايا الحمراء فإن تركيز الهيموجلوبين يبدأ بالازدياد بسبب زيادة حجم البلازما، وهنا تحدث الفائدة (استمرار نقل الأكسجين بكفاءة عالية) .
- **يقل حجم الماء في الجسم كاستجابة ولكن لفترة طويلة** .
- **يقل حجم بلازما الدم ولكن بشكل تدريجي، ويعود حجم البلازما للطبيعي بعد الإقامة لفترات طويلة.**

- ثبات معدل الأملاح في الجسم ولا يتغير)

- أهمية و فائدة التدريب في ظروف نقص الأكسجين :

- قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بوصفه بديل للكفاءة البدنية الذي يتطور وفق هذه التدريبات.

- الزيادة في الدين الاكسجيني **(الدين الاوكسجيني هو كمية الأكسجين التي تستهلك خلال فترة الاستشفاء او الاسترداد ، وهذه الكمية من الأكسجين تزيد على حجمها وقت الراحة .)** تساعد على زيادة الأعباء للرياضيين في أثناء التدريب و تعد طريقة لزيادة الحمل التدريبي.

- زيادة قدرة العضلة على تكوين ATP هوائي و لا هوائي و تزداد قدرة التمثيل الغذائي في الخلايا وزيادة عدد الميتوكوندريا و زيادة في كمية الجلايكوجين المخزون بالعضلات و الإنزيمات المنشطة لتكوين ATP .

- عندما يقل الأكسجين نتيجة لانخفاض الضغط الجوي يؤدي إلى زيادة إنتاج كريات الدم الحمراء اذ يقل الدم المؤكسد الواصل إلى الكلى مما يؤدي إفراز هرمون **الإريثروبويتين** Erythropoietin (الـــE P O) أو **مكون الكريات الحمر)** الذي يحفز نخاع العظم على زيادة إفراز كريات الدم الحمراء فتزداد نسبة الهيموغلوبين و زيادة قدرة الدم على حمل اكبر كمية من الأكسجين.

- التدريب في ظل هذه الظروف يحسن الأداء للرياضيين في مستوى سطح البحر.

الإريثروبويتين أو مكون الكريات الحمر) بالإنجليزية(Erythropoietin : هو هرمون بروتيني سكري تنتجه الكلية بنسبة 85٪ والكبد بنسبة 15٪ في حالات نقص التأكسج وفي غيرها من الحالات

- ما هي الارتفاعات المناسبة للتدريب في المرتفعات ؟ أثبتت التجارب والبحوث والدراسات التي تناولت التدريب في المرتفعات أن الارتفاعات الأقل من **1200** م ليست ذا فائدة في تحسين مستوى أنجاز اللاعبين ؛ الاستجابات والتغيرات التي تحدث في عمل الأجهزة الوظيفية للاعب تحدث بعد ارتفاع **1500م** تبدأ المؤثرات الخارجية على اللاعب في إحداث خلل في توازن البيئة الداخلية لجسم الرياضي فتبدأ الأجهزة الوظيفية بالاستجابة لمعالجة هذه التأثيرات لإعادة التوازن والرجوع بالجسم إلى الحالة الطبيعية ؛ **و قد اتفقت معظم الدراسات على أن أفضل ارتفاع لتدريب المرتفعات يكون بين (2 – 3) كم** وكلما ارتفعنا عن **3000** م عن مستوى سطح البحر فإن قدرة وقابلية الأجهزة الوظيفية ستقل كثيرا ، حيث لا يستطيع اللاعب التدرب بشكل طبيعي و لا يستطيع تنفيذ الحجوم التدريبية المقررة في خطة التدريب ، كما أن اللاعب سيتعرض إلى أعراض مرضية تقلل من قدرته في الأداء .

- توصيات بشأن التكيف في المرتفعات: يعتمد حدوث التأقلم التام للرياضي على مقدار الارتفاع ، حيث يتراوح بين أسبوعين إلى ثلاثة في الارتفاعات التي تتراوح مابين **2000 الى 2500** م فوق سطح البحر .

- في حالة وجود مسابقة في المرتفعات ولم يكن باستطاعة اللاعب أن يقضي فترة التأقلم اللازمة قبل السباق في المرتفعات، فينبغي عليه أن يجدول وصوله إلى المرتفعات قبل السباق بوقت قصير جداً (بيوم واحد) ؛ - فيما يتعلق بالتدريب البدني في المرتفعات، ينبغي على اللاعب المحافظة على شدة التدريب مع خفض مدة التدريب والإبقاء على التكرارات الأسبوعية؛ - ينبغي على اللاعب الذي يتدرب في المرتفعات الإكثار من تناول السوائل وخاصة الماء حيث يتم فقده بسهولة في المرتفعات نتيجة للتنفس المتزايد.

- توصيات عامة بشأن التدريب في المرتفعات

- لا ينصح بالنسبة للرياضيين الشباب (أقل من 18 سنة)

- يجب أن يكون الرياضي بصحة جيدة وليس في حالة تعب حاد

- الإرتفاع التدريجي وتجنب الإرتفاع المفاجئ لتجنب الأعراض المصاحبة للارتفاع و التي هي الصداع , دوار البحر , الإختناق

- المحافظة على شدة التدريب مع خفض مدته و الإبقاء على التكرارات الأسبوعية

- الإكثار من تناول السوائل و الأغذية الغنية بالكربوهيدرات

- مراعاة الفروق الفردية فيما يخص التكيف و التأقلم للمرتفعات

- تخصيص يومين أو ثلاثة أيام من الأنشطة الإسترجاعية قبل المغادرة .

- المراجع :

- على جلال الدين (2007) : مبادئ ووظائف الأعضاء ، ط1 ، كلية التربية الرياضية ، مصر

- رمزي الناجي ، عصام الصفدي : (2010) . علم وظائف الاعضاء ، الاردن ، عمان ، دار اليازوري .
- يوسف لازم كماش (2011) ، علم وظائف الأعضاء في المجال الرياضي ، ط1، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر ، مصر .
- عبد المجيد الشاعر وأخرون (2010) ، علم وظائف الأعضاء، ط1 ، دار البداية ناشرون وموزعون، عمان .
- أبو العلا عبد الفتاح (2008) ، فسيولوجيا التدريب والرياضة، دار الفكر العربي، مصر.
- نايف مفضي الجبور(2012)، فسيولوجيا التدريب الراضي، ط1، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، الأردن،.
الهزاع, هزاع.(2009). موضوعات مختارة في فسيولوجيا النشاط والأداء البدني, كلية التربية، جامعة الملك سعود, الرياض
- محمد موهوب بن أحمد بن حسين (2007) : الجهاز العصبي ، عين مليلة ، الجزائر ، دار الهدى .
- هاشم عدنان الكيلاني (2006) : فسيولوجيا الجهد البدني و التدريبات الرياضية ، مكتبة الفلاح للنشر و التوزيع .
- سميعه خليل محمد امين (2008) : مبادىء الفسيولوجيا الرياضية النظرية ، كليه التربية الرياضية ، جامعه بغداد .
- عبد المجيد الشاعر وأخرون (2010) ، علم وظائف الأعضاء، ط1 ، دار البداية ناشرون وموزعون، عمان .
- أبو العلا عبد الفتاح (2008) ، فسيولوجيا التدريب والرياضة، دار الفكر العربي، مصر.
- الهزاع, هزاع.(2007). التنظيم الحراري وتعويض السوائل والنحلات أثناء الجهد البدني لدى الإنسان, كلية التربية، جامعة الملك سعود، الرياض ، السعودية .