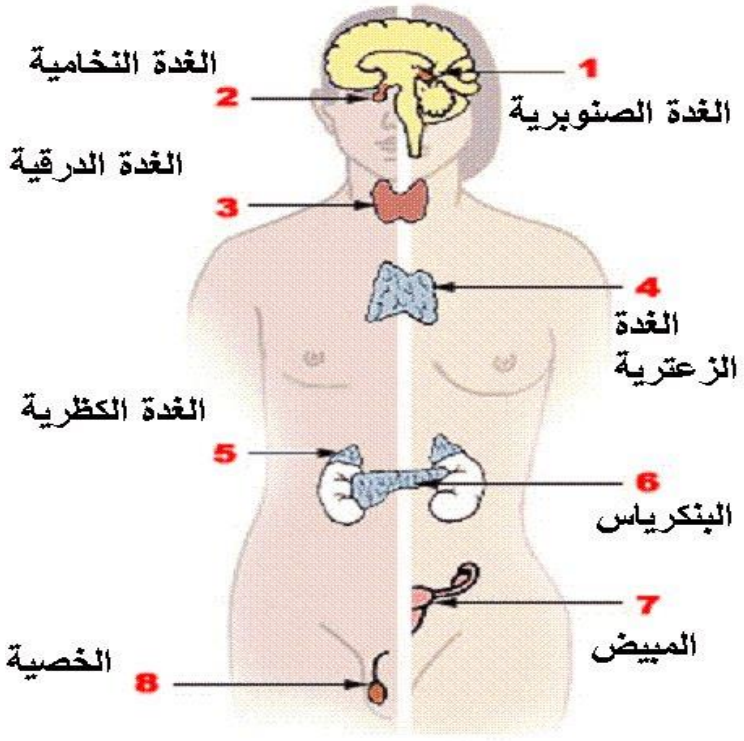
# التنظيم الهرموني والنشاط البدني

## REGULATION

## HORMONALE ET L'ACTIVITE PHYSIQUE

الهرمونات مواد كيماوية تفرز في الدم بواسطة خلايا إفراز داخلية (صماء) أو بواسطة خلايا عصبية معينة.

توجد أنسجة أخرى في الجسم تقوم بإفرازات تتفاعل مثل الهرمونات، وعلى سبيل المثال كل من الهيبوثالامس وعضلة القلب والكلى والأمعاء الدقيقة والخلايا الليمفاوية والخلايا الباطنية.
ويقوم الجهازان العصبي والهرموني بالتعاون معا للمحافظة على الاستقرار التجانسي لجميع أجهزة الجسم، ولذلك يطلق على استجابتهما معا مصطلح الاستجابة العصبية الهرمونية والفارق بين الجهازين ان الهرمونات يتم إفرازها في الدم مباشرة لتصل مع الدورة الدموية




**الغدد ووظيفة الهرمونات التي تفرزها**

| الغدة | الهرمون الذي تنتجه الغدة | العضو أو الجزء المستهدف في الجسم | الوظيفة التي يحققها الهرمون |
|---|---|---|---|
| الهيبوثالامس (ماتحت المهاد) | الهرمون المضاد لادرار البول | الكليتان | يساعد على تنظيم إعادة إمتصاص الماء من الكليتين |
| | الهرمون المعجل للولادة | الرحم | ينبه انقباض الرحم |
| | | الثديان | ينبه اطلاق لبن الثدي |
| | الهرمون المطلق للكورتيكوتروبين | الغدة النخامية | ينبه اطلاق الكورتيكوتروبين من الغدة النخامية |
| | الهرمون المطلق للثيروتروبين | الغدة النخامية | ينبه اطلاق الثيروتروبين من الغدة النخامية |
| | الهرمون المطلق للجونادوتروبين | 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 (انتاج اللبن) |
| | الهرمون المحفز للحويصلة | الميضان والخصيتان | ينبه نمو البويضات في النساء والمني في الرجل |
| | هرمون اللوتنة | الميضان 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 |
| غدد 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 |
| غدتان الكظريتان | ابنفرين (ادرينالين) | الجهاز الدوري والكبد | يزيد معدل دقات القلب وضغط الدم ويزيد جلوكوز الدم |
| | نورابنفرين (نورادرينالين) | القلب والرئتان والاوعية الدموية | يزيد ضغط الدم |
| | ديهيدروإبي 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 |
| الميضان | استروجين | الجهاز التناسلي الأنثوي | مسئول عن نشوء الخصائص الجنسية الأنثوية |
| | | الميضان | 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 |

## 2- آلية عمل الهرمونات:

1- إحداث تغيرات في نفاذية أغشية الخلايا وذلك بفتح أو إغلاق القنوات الأيونية المختلفة مع ما قد يصاحب ذلك من تغيرات في فرق جهد أغشية الخلايا أو انقباض في الخلايا العضلية.

2- بناء جزئيات بروتينية أو جزيئات تنظيمية أخرى داخل الخلايا.

3- تنشيط أو تثبيط الأنزيمات في الخلايا.

4- حث بعض الخلايا على الإفراز.

5- تنبيه الانقسام غير المباشر للخلايا.

## 3- وظائف الهرمونات:

تعمل الهرمونات داخل الجسم بانسجام كلي تتجزأ واجباتها كمنظمات فسيولوجية وتتداخل الهرمونات المختلفة في فعاليتها بصورة معقدة وقد تكون العلاقة تعاون او تضاد وهذا يهيئ التدرج والمطالبة في الاستجابة وهناك جوانب عدة تلعب فيها الهرمونات دورا تنظيميا حاسما يمكن تصنيفها بصورة عامة إلى:

**1- الجوانب الايضية:** وتتضمن السيطرة على القناة الهضمية وملحقاتها والسيطرة على إنتاج الطاقة واستخدامها والسيطرة على تركيب الماء خارج الخلايا.

**2- الجوانب الشكلية:** تتحكم التفاعلات بين جميع الهرمونات بالنمو الطبيعي وتشترك في جميع أشكال العمليات التناسلية.

**3- الجوانب العقلية السلوكية:** تعتمد العملية العقلية المثالية على الموازنة الصالحة لعدة هرمونات والتكيفات الضرورية التي يجب ان تتم للمحيط غير الملائم إذ تنظم من قبل الهرمونات.

والفعالية الهرمونية قد تؤثر على الطريقة التي يستجيب فيها الفرد للحالات اليومية ولهذا تلعب دورا في تجسيد شخصية الفرد.

## 4- أنواع الهرمونات :

**أ- هرمونات مشتقة من الأحماض الأمينية :** وهي أصغر الهرمونات من حيث الوزن الجزيئي. من أمثلتها إبينفرين ونورابينفرين ودوبامين وثيروكسين وثلاثي يود الثايرونين وجميعها مشتقة من الحامض الأميني تيروسين tyrosine،وميلاتونين melatonin الذي تفرزه الغدة الصنوبرية وهو مشتق من الحامض الأميني تربتوفان tryptophan.

ب- **هرمونات ستيرويدية :** وهي أكبر وزنا جزيئيا من سابقتها ومثالها هرمونات الجنس الذكرية والأنثوية وهرمون ألدوستيرون وكورتيزول ومشتقاته كما يضاف لها فيتامين D وجميعها مشتقة من كوليسترول cholesterol .

ت- **هرمونات ببتيدية Peptide hormones** : وهي في الغالب أكبر وزنا من النوعين السابقين، تتكون من سلسلة من مخلفات الأحماض الأمينية التي تتراوح بين 3 أحماض أمينية (مثل مفرز منشط الدرقية TRH وهو هرمون تحت مهادي يؤثر على النخامية الأمامية لتفرز هرمونات منشطة للدرقية) و198 حامض أميني (مثل بروﻻكتين)، تضم هذه المجموعة أغلب الهرمونات المعروفة.

ث- **هرمونات بروتينية كربوهيدراتية Glycoprotein hormones** وهذه أكبر الهرمونات حجما وتتكون من سلاسل من مخلفات الأحماض الأمينية يرتبط بها سكريات.

هناك أمثلة قليلة على هذه الهرمونات: منشط الحويصلات FSH، مكون الجسم الأصفر LH ومنشط الدرقية TSH وجميعها تفرز من النخامية الأمامية وهرمون أريثروبويتين من الكلية، ومنشط الغدد الجنسية الكوريوني الإنساني hCG من المشيمة.

## 5- وظائف الهرمونات أثناء النشاط الرياضي:

يتطلب العمل العضلي تعاون أنظمة فسيولوجية وبيوكيميائية كثيرة، ولا يمكن تحقيق هذا التعاون ما لم يكن هناك اتصال بين أنسجة الجسم المختلفة.

يقوم الجهاز العصبي بدور كبير بالتعاون مع الجهاز الهرموني في هذه الوظيفة، حيث يدخل في جميع العمليات الفسيولوجية التي تتطلبها أي حركة يقوم بها الجسم.

إذا كانت طبيعة الجهاز العصبي تفرض عليه ان تكون رسائله سريعة فان رسائل الهرمونات بطيئة ولكنها أطول تأثيرا.

الجسم أثناء الأداء الرياضي يحتاج إلى كثير من مصادر الطاقة من كربوهيدرات ودهون ومصادر كيميائية تختلف في معدلاتها تبعا لطبيعة الأداء الحركي فالهرمونات هي المسئولة عن تنظيم ذلك ( تنظيم مستوى السكر في الدم ، توزيع الدم في الجسم، توازن السوائل وغيرها) .

تلعب الهرمونات دورا هاما في تنظيم وظائف الجسم خلال النشاط الرياضي التنافسي أو بهدف الصحة، سواء قبل النشاط البدني بإعداد الجسم للجهد البدني الذي يواجهه أو أثناء النشاط أو بعده خلال عمليات الاستشفاء

من أهم وظائف الهرمونات أثناء النشاط البدني :

1- التمثيل الغذائي
2- تعبئة وتنظيم استهلاك وقود الطاقة.
3- توازن سوائل الجسم.
4- بناء بروتين الجسم.
5- ضبط الساعة البيولوجية والإيقاعات الحيوية
6- دينامية الدم في الأوعية الدموية.
7- الوظيفة المناعية
8- تحسين حالة الفرد النفسية.
9- سرعة الاستشفاء بعد التدريب

## 5-1- التمثيل الغذائي للطاقة :

تعتمد عملية تنظيم التمثيل الغذائي للطاقة على شدة ودوام الحمل البدني وتزداد في نشاطها ارتباطا بزيادة شدة الحمل البدني

- **الأنشطة عالية الشدة وقصيرة المدة:**

عند أداء الأنشطة التي تتميز بالسرعة والقوة مثل العدو أو رفع الأثقال يزيد تركيز الكاتيكولامين وهي الابنفرين والنورابنفرين في الدم، حيث يؤثر على التمثيل الغذائي في العضلات الهيكلية والعضلات الناعمة والقلب والنسيج الدهني والكبد.

يتم تكسير الجليكوجين وتحويله إلى جلوكوز في الكبد من خلال عملية الجليكوجينوليزيز Glyeogenolysis ليدخل الدم حتى يوصله للعضلات العاملة، كما يزيد جلوكوز البلازما أيضا من خلال عمليات Gluconeogenesis وتشارك في زيادة جلوكوز البلازما أربعة هرمونات هي:

الجلوكاجون Glucagon، الابنفرين Epinephrine، النورابنفرين Norepinphrine، الكورتيزول Cortisol.

يعتمد تركيز الجلوكوز في البلازما على التوازن ما بين امتصاص الجلوكوز بواسطة العضلات وإخراج الجلوكوز من الكبد.

أثناء الراحة يقوم هرمون الجلوكاجون بتسهيل تكسير الجليكوجين في الكبد وتحويله إلى جلوكوز، بالإضافة إلى تشكيل الجلوكوز من الأحماض الامينية وخروجه إلى الدم.

أثناء التدريب يزيد إفراز الجلوكاجون مع زيادة العمل العضلي، ويزيد معه معدل إفراز الابنفرين والنوابنفرين من نخاع الغدة الكظرية ليعمل الهرمونان إلى جانب الجلوكاجون في عملية تكسير الجليكوجين.

يساهم الكورتيزول في زيادة تكسير البروتين لتحرير الأحماض الامينية لاستخدامها في الكبد لإعادة بناء الجلايكوجين.

بهذه الطريقة تقوم الهرمونات الأربعة بزيادة الجلوكوز في البلازما بواسطة عمليات تكسير الجليكوجين وتحويله إلى جلوكوز وبناء الجليكوجين في الكبد من الأحماض الامينية، هذا بالإضافة إلى دور هرمون النمو في تعبئة الأحماض الدهنية الحرة لتقليل اعتماد الخلية على سكر الجلوكوز في الدم.

- **الأنشطة معتدلة الشدة طويلة المدة :**

يحتاج الرياضي الكربوهيدرات وتكسير الجليكوجين كمصدر للطاقة في أنشطة التحمل الطويلة.

عندما يزداد زمن العمل العضلي يتجه الجسم إلى الاعتماد على الدهون كمصدر للطاقة، يقوم نخاع الغدة الكظرية بزيادة إفراز هرمونات الكاتيكولامين وهي البنفرين والنورابنفرين والتي تقوم بتنمية عمليات تكسير الدهون Lipolysis داخل العضلة الهيكلية ، وكذلك تزيد من عمليات تكسير الجليكوجين.

عندما ينخفض مستوى مخزون الجليكوجين في العضلة ثم في الكبد يتم إخراج الأحماض الدهنية الحرة المخزنة في الخلايا الدهنية على شكل ثلاثي الجلسرين Triglyceride، وكلما زادت الأحماض الدهنية في الدم زاد امتصاص العضلات الهيكلية لها وأكسدتها كمصدر للطاقة، ويقوم أنزيم خاص يسمى ليباز بتحويل ثلاثي الجلسرين إلى الأحماض الدهنية والجلسرين ويتم تنشيطه بواسطة أربعة هرمونات هي: ( الكورتيزول، الابنفرين ، النورابنفرين ، هرمون النمو ).
ويقوم الكورتيزول أيضا بزيادة تسريع تعبئة واستخدام الأحماض الدهنية للطاقة بالإضافة لدوره في عملية Gluconeogenesis وهي تكوين الجليكوجين من الأحماض الامينية، ويصل تركيز هرمون الكورتيزول قمته بعد بدء التدريب بفترة 30- 45 دقيقة، ثم يقل حتى يصل إلى المستوى العادي، وبالرغم من ذلك يظل مستوى الأحماض الدهنية مرتفعا مما يدل على ان هناك هرمونات أخرى تنشط أنزيم ليباز Lipase وهذه الهرمونات هي الكاتيكولامين وهرمون النمو وهرمونات الغدة الدرقية.

- **الأنشطة القصيرة:**

تتغير مستويات تركيز هرمونات النمو والكورتيزول والأنسولين في الدم أثناء النشاط البدني حيث يقل الأنسولين ويزيد الجلوكاجون تدريجيا مع زيادة شدة الحمل البدني، ويزيد تركيز هرمون النمو والكورتيزول ويقوم هرمون النمو بدوره الرئيسي بزيادة تركيز الأحماض الدهنية الحرة في الدم وتثبيط امتصاص الأنسجة لجلوكوز الدم، ولذلك يساعد هرمون النمو على الاستشفاء بعد التدريب وتساعد زيادة هرمون النمو أيضا على زيادة استثارة العضلة لإعادة بناء الجليكوجين مع سرعة تكسير الدهون.
ويساعد الكورتيزول وظيفة هرمون النمو نظرا لدوره في تعبئة الأحماض الدهنية الحرة من الأنسجة الدهنية ويقلل امتصاص الأحماض الامينية بواسطة الأنسجة مما يسبب زيادة في سريان الأحماض الامينية بالدورة الدموية، وهذه الزيادة تساعد الكبد في إعادة بناء الجليكوجين، غير انه لا يكون الجسم في حاجة إلى هذه العمليات أثناء الأنشطة القصيرة هو تسريع عمليات الاستشفاء.
مع زيادة الحمل البدني يزيد سكر الجلوكوز في الدم كنتيجة لزيادة تأثير الابنفرين على عمليات تكسير الجليكوجين في الكبد، وهذه الزيادة أكثر من زيادة تركيز الجلوكوز التي تحدث نتيجة زيادة تركيز الدم، ويزيد إفراز الجلوكاجون، وهنا يلاحظ ان زيادة تركيز الجلوكوز التي تحدث نتيجة زيادة تركيز الجلوكوز في الدم يمكن ان تسبب استثارة في زيادة إفراز الأنسولين من خلايا بيتا بالبنكرياس، غير ان ذلك لا يحدث ولا يزيد إفراز الأنسولين ويرجع ذلك إلى سببين:
1- يزيد الحمل البدني من امتصاص العضلات الهيكلية للجلوكوز عن طريق ناقل الجلوكوز GLUT-4.
2- ما يصاحب الحمل البدني المرتفع الشدة من زيادة لاكتات الدم والحمضية و IGF-I.

- **الأنشطة الطويلة:**

يؤدي الاستمرار في أداء الحمل البدني لمدة طويلة إلى نقص في مخزون الجسم من الجليكوجين في العضلات والكبد، حيث تحتاج العضلات الجلوكوز من الدم حينما يزداد استهلاك الجلوكوز

في العضلات، ويتضح مدى الحاجة إلى ذلك اذا علمنا ان مخزون الجليكوجين في الكبد حوالي 80 جراما قبل التدريب وخلال التدريبات العالية الشدة يبلغ معدل أكسدة الجلوكوز جراما واحدا في الدقيقة في الأنشطة المتوسطة والطويلة في حدود ثلاث ساعات، وكما هو معلوم تكون الهرمونات مسئولة عن المحافظة على حالة استقرار الجسم، ويتم المحافظة على ثبات مستوى سكر الدم بواسطة العمليات الفسيولوجية الآتية:

1- تعبئة الجلوكوز من الكبد بتحويل الجليكوجين إلى جلوكوز.

2- تحويل ثلاثي الجلسرين بالخلايا الدهنية إلى أحماض دهنية حرة لكي تكون بديلا تستهلكه العضلات بدلا من الجلوكوز.

3- بناء جلوكوز جديد في الكبد من خلال عمليات بناء الجليكوجين من الأحماض الامينية وحامض اللاكتيك والجلسرين.

4- منع دخول الجلوكوز إلى الخلايا لكي يزداد توجه الخلايا نحو استخدام الأحماض الدهنية الحرة كوقود.

وتقوم الهرمونات معا بتنفيذ هذه العمليات الأربع للحفاظ على مستوى سكر الدم الذي يحتاج إليه خلافا للعضلات أيضا النسيج العصبي وكرات الدم الحمراء، وتقوم الهرمونات بعملها على مستويين:

- مجموعة هرمونات تفاعلها بطيء، لكنها ممهدة أو مسهلة لمجموعة أخرى من الهرمونات سريعة التفاعل مثل هرمونات الثيروكسين والكورتيزول وهرمون النمو.
- مجموعة سريعة التفاعل الابنفرين والنورابنفرين والأنسولين والجلوكاجون.

- مجموعة الهرمونات المساعدة البطيئة تقوم بتسهيل عمل الهرمونات الأخرى سريعة التفاعل كما يلي:

**الثيروكسين :** لا يتغير تركيز هرمونات الغدة الدرقية نظرا لسرعة إزالتها ولكنها تقوم بدور مهم في ضبط معدل التمثيل الغذائي بصفة عامة أثناء التدريب

حيث تقوم بالتأثير على مستقبلات الخلايا لكي تزيد حساسيتها لاستقبالها الهرمونات الأخرى المؤثرة عليها، ومثال ذلك : بدون تأثير هرمونات الثيروكسين لا يستطيع هرمون الابنفرين ان يقوم بتأثيره على الأنسجة الدهنية لتعبئة الأحماض الدهنية الحرة.

**الكورتيزول:**

- ينبه عملية إعادة بناء الجليكوجين في الكبد Gluconeogenesis لكي يضمن استمرارية امداد الدم بالجلوكوز.
- زيادة تعبئة الأحماض الدهنية الحرة لجعلها أكثر استعدادا كمصدر للطاقة يقلل الاعتماد على الجلوكوز لكي يكون متوافر للمخ.
- ينبه تكسير البروتين الى أحماض امينية تستخدم في ترميم الأنسجة وبناء الإنزيمات والطاقة.

- يزيد من انقباض الأوعية الدموية الذي يحدث بواسطة الابنفرين.

**هرمون النمو:**

يصعب وصف تأثير التدريب على هرمون النمو نظرا لكونه يتأثر بكثير من الضغوط البدنية الفيزيائية والكيميائية والنفسية، ولكن تركيزه في البلازما يزيد بحوالي 25 مرة ضعف مقدار تركيزه وقت الراحة، وأهم وظائفه :

*يقوم ببناء البروتين.

*زيادة التمثيل الغذائي للدهون والكربوهيدرات، حيث يساعد الكورتيزول في تقليل امتصاص العضلات للجلوكوز وزيادة تعبئة الأحماض الدهنية الحرة.

*يساعد في تسريع عملية إعادة بناء الجليكوجين بالكبد.

- مجموعة الهرمونات الأساسية السريعة:

تعمل هذه المجموعة من الهرمونات معا وبصورة سريعة للمحافظة على ثبات مستوى سكر الجلوكوز بالدم وهي:

**الابنفرين والنوابنفرين:**

عندما يتم تنبيه نخاع الغدة الكظرية بواسطة الجهاز العصبي السمبثاوي يتم إفراز الكاتيكولامين وهما هرموني الابنفرين وتكون نسبته 80% والنورابنفرين ونسبته 20% وان كانت هذه النسب تختلف من حالة فسيولوجية إلى أخرى، ويقوم الهرمون بالحفاظ على جلوكوز الدم وتتلخص وظائفها في:

1- زيادة سعة التمثيل الغذائي.

2- زيادة تكسير الجليكوجين وتحويله إلى جلوكوز في الكبد.

3- زيادة ظهور الجلوكوز والأحماض الدهنية الحرة في الدم.

**الأنسولين والجلوكاجون:**

يمكن ان يزيد امتصاص الجلوكوز من الدم إلى العضلات أثناء التدريب من 7- 25 مرة مقارنة بوقت الراحة، بالرغم من ان هرمون الأنسولين يقل إفرازه أثناء التدريب، و كلما زادت شدة الحمل البدني، ويرجع ذلك إلى زيادة حجم الدم الساري إلى العضلات أثناء التدريب وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة توجيه الجلوكوز والأنسولين إلى العضلات.

التدريب يؤدي إلى تغيرات في نشاط ناقلات الجلوكوز خلال غشاء الخلية فمن الممكن ان يكون هذا التأثير استجابة مؤقتة تزيد نتيجة التكيف الفسيولوجي، وهذا يساعد على تحسن ضبط سكر الدم لدى مرضى السكر من النوع الثاني، بحيث ينتج عن ذلك زيادة حساسية العضلة للأنسولين وبذلك يمكن بكمية قليلة من الأنسولين التأثير على امتصاص العضلات للجلوكوز.

## نشاطات الهرمونات أثناء التدريب الرياضي في تعبئة وقود الطاقة

| الغدة | الهرمون | المثير | النسيج المستهدف | الاستجابة |
|---|---|---|---|---|
| الفص الأمامي للغدة النخامية | كورتيكوتروبين | التدريب<br>الإصابة | قشرة الغدة الكظرية | زيادة الكورتيزول |
| | هرمون النمو | التدريب<br>نقص سكر الدم | العضلات الهيكلية<br>الأنسجة الدهنية<br>الكبد | ارتفاع كل من:<br>تكسير الدهون<br>زيادة بناء الجلوكوز من غير الكربوهيدرات مثل الأحماض الامينية<br>تقليل امتصاص الجلوكوز |
| قشرة الغدة الكظرية | الكورتيزول | زيادة هرمون ACTH<br>التدريب الطويل | العضلات الهيكلية<br>الأنسجة الدهنية<br>الكبد | زيادة بناء الجلوكوز من غير الكربوهيدرات مثل الأحماض الامينية.<br>بناء البروتين.<br>تقليل امتصاص الجلوكوز. |
| البنكرياس | الأنسولين | زيادة سكر الدم<br>زيادة الأحماض الامينية في الدورة الدموية | الجهاز العصبي الذاتي<br>العضلات الهيكلية<br>الأنسجة الدهنية<br>الكبد | زيادة امتصاص الجلوكوز، الأحماض الامينية، الأحماض الدهنية |
| | الجلوكاجون | نقص سكر الدم<br>انخفاض تركيز الأحماض الامينية<br>التدريب الطويل | الكبد | زيادة بناء الجلوكوز من غير الكربوهيدرات مثل الأحماض الامينية. |
| الغدة الدرقية | ثلاثي ايودو ثيرونين | انخفاض T3-T4 | جميع الأنسجة | تزيد معدل التمثيل الغذائي، هرمون النمو، الأحماض الامينية، الأحماض الدهنية |

### 5- 2 - توازن سوائل الجسم:

تعتبر عملية توازن السوائل أثناء التدريب من العمليات الهامة أثناء الجهد البدني نظرا لتأثيرها على وظيفة الجهاز الدوري وكذا تنظيم حرارة الجسم.

ويتعرض الماء في البلازما إلى عدة عوامل تعمل على تقليله في الدم تشمل:

• تحول الماء من البلازما إلى الفراغات داخل وبين الخلايا، نتيجة زيادة الضغط الاسموزي الذي ينتج عن زيادة مخلفات التمثيل الغذائي.
• زيادة النشاط العضلي يرفع ضغط الدم، وبالتالي خروج الماء من الجسم.
• زيادة العرق للتخلص من الحرارة الزائدة أثناء العمل العضلي.
كل هذه العوامل مجتمعة تؤدي إلى نقص ماء البلازما و انخفاض ضغط الدم وتقليل كمية الدم الموجه نحو الجلد والعضلات.
غير ان الهرمونات تلعب دورا هاما في تصحيح عدم التوازن الذي يحدث وتعمل على المحافظة على مستوى سوائل الجسم ويتم ذلك مصاحبا بتنظيم توازن الأملاح المعدنية وخاصة الصوديوم، ويقوم بالعمل الرئيسي لتنظيم ذلك هرمون الدوستيرون Aldosterone والهرمون المضاد للتبول Antidiuretic Hormone مستهدفين التأثير على نشاط الكلى.
يتأثر ضغط الدم أساسا بحجم البلازما، فعندما يقل حجم بلازما الدم ينخفض ضغط الدم .
ينظم ضغط الدم بواسطة خلايا خاصة بالكلى والتي تتنبه بانخفاض ضغط الدم أثناء التدريب ويقل سريان الدم إلى الكلى عن طريق نشاط الجهاز العصبي السمبثاوي أو بالتنبيه المباشر بواسطة الأعصاب السمبثاوية، فتستجيب الكلى بتشكيل إنزيم الرنين Renine.

- **دور هرمون الدوستيرون:**

• يقوم أنزيم الرنين بتحويل بروتين انجيوتنسين Angiotensin1 بالدم إلى انجيوتنسين 2 Angiotensin2. الذي يتفاعل بطريقتين:
1- قبض الشرايين وبهذا تزداد مقاومة سريان الدم مما يرفع ضغط الدم.
2- تنبيه إفراز هرمون الالدستيرون من قشرة الغدة الكظرية.
• يقوم الالدستيرون بسحب الصوديوم من الكلى، ونظرا لكون الصوديوم يتطلب وجود الماء حوله، لذلك يعاد امتصاص الماء مرة أخرى من الكلى إلى الجسم، وبالتالي يزيد حجم البلازما ويرتفع ضغط الدم تجاه المستوى الطبيعي.

- الهرمون المضاد للتبول :Antidiuretic Hormone (ADH)

1- عندما يقل ماء البلازما أثناء التدريب يزيد تركيز البلازما من المواد الذائبة وهذا يؤدي إلى رفع الضغط الاسموزي.
2- وعندما يصل الدم إلى الهيبوثالامس حيث يوجد به مستقبلات الضغط الاسموزي المسئولة عن المحافظة على ثبات الضغط الاسموزي للدم يقوم الهيبوثالامس بتنبيه الفص الخلفي للغدة الكظرية لإفراز الهرمون المضاد للتبول.
3- يقوم الهرمون المضاد للتبول بدوره في الحفاظ على توازن السوائل بإعادة سحب الماء من الكلى على الجسم مرة أخرى مما يساعد على رفع ضغط الدم وزيادة حجم ماء البلازما.

**نشاط الهرمونات أثناء التدريب الرياضي في توازن السوائل:**

| الغدة | الهرمون | المثير | النسيج المستهدف | الاستجابة |
|---|---|---|---|---|
| الفص الخلفي للغدة النخامية | الهرمون المضاد للتبول | زيادة ضغط البلازما الاسموزي | الكلى | إعادة امتصاص الماء |
| الكلى | الرنين | سريان البول يزيد مع التدريب | الدم | ينبه هرمون الالدستيرون |
| نخاع الغدة الكظرية | الدستيرون | سريان البول يزيد مع التدريب | الدم | يزيد من إعادة امتصاص الصوديوم والماء |

## 5- 3- بناء بروتين الجسم:

يشترك كل من هرموني التستوستيرون وهرمون النمو في تكيف العضلات للتدريب بالمقاومة، ويتم إفراز الهرمونين عند التدريب بالمقاومة لكي يقوما معا بالتأثير على زيادة حجم العضلة وهذا ما يفسر زيادة حجم العضلات لدى الذكور بعد مرحلة البلوغ، بينما يلاحظ نقص هذه الهرمونات لدى الإناث مما يحدد نمو العضلات لديهن واعتمادهن بدرجة أكثر على دور الجهاز العصبي والتعبئة العصبية أكثر من دور الهرمونات في تنمية حجم العضلة.

اكتشاف حالة العداء الكندي بن جونسن في الدورة الاولمبية 1988 وسحب الميدالية الذهبية منه في سباق 100 متر عدو بعد ان أثبتت الفحوصات تناوله الهرمونات الثنائية والتي تسبب:

1- نقص في وظائف غدة الخصية، وتشمل نقص انتاجات الحيوانات المنوية.

2- نمو الثدي. 3- فشل وظائف الكبد. 4- تغيرات في الحالة المزاجية والسلوكية.

5- إصابة جدار البطين الأيسر لعضلة القلب وخطورة الإصابة بأمراض القلب.

6- مجموعة تغيرات مختلفة تشمل زيادة دهنيات الدم وسكر الدم.

## 5-4- سرعة الاستشفاء بعد التدريب:

### استعادة مخزون الطاقة:

تساعد الهرمونات على سرعة استعادة مخزون الجليكوجين من خلال استمرارية حساسية العضلات للأنسولين لفترة طويلة أثناء الاستشفاء، وكذلك تنشيط ناقلات الجلوكوز لتقوم بنقل المزيد من الجلوكوز للعضلات، وتظل هذه الناقلات تعمل حتى بعد الانتهاء من التدريب، وكذلك يظل نشاط الهرمونات المساعدة يعمل على إعادة بناء الجليكوجين في الكبد من خلال حامض اللاكتيك والأحماض الامينية، وهذا يفسر التوصية بسرعة تناول الكربوهيدرات عقب التدريب الطويل مباشرة نظرا لزيادة نشاط امتصاص الجلوكوز وعمليات إعادة بناء الجليكوجين مما يساعد على سرعة الاستشفاء.

### استشفاء السوائل:

يستمر تأثير هرمون الالدوستيرون والهرمون المضاد للتبول بعد التدريب لمدة 12-48 ساعة، ليقلل انتاج البول ويقي الجسم من الجفاف، ويظل تأثير هرمون الالدوستيرون يعمل لإعادة

امتصاص الصوديوم من الكلى إلى الجسم، وهذا بدوره يزيد من تركيز الصوديوم في الجسم عن مستواه الطبيعي، ولتعويض زيادة الصوديوم يتم تناول الماء بدرجة اكبر، ونتيجة لذلك يمكن ان يزيد حجم البلازما مما يقلل تركيز المواد التي في الدم بالرغم من عدم تغير حجمها الحقيقي وتسمى هذه الظاهرة ترقيق الدم Hemo-dilution، ويفسر ذلك انخفاض نسبة تركيز الهيموجلوبين في الدم، وبناء عليه يظهر حالة تسمى الأنيميا الكاذبة أو يطلق عليها أحيانا الأنيميا الرياضية، ويجب عدم التسرع في تشخيص هذه الحالة قبل التأكد من حدوث الزيادة الوظيفية لبلازما الدم بالنسبة للكرات الحمراء.

**ترميم الأنسجة وبناء البروتين:**

بناء البروتين يتم أثناء فترة الاستشفاء، و حجم العضلة يكبر في وقت الراحة، إضافة الى عمليات ترميم الأنسجة التي تمزقت خلال التدريب

**ديناميكية الدم في الأوعية الدموية:**

يصاحب التدريب تنظيم ضغط الدم ومقاومة الأوعية الدموية لضغط الدم، عن طريق عصبوهرموني وتنظيم موضعي في الشرايين، فزيادة هرموني الكاتيكولامين المصاحبة لزيادة شدة التدريب تؤدي إلى زيادة انقباض الأوعية الدموية، كما تزيد أيضا المقاومة الطرفية نتيجة زيادة انجيوتنسين 1 والهرمون المضاد للتبول اللذين يقومان بدوريهما في انقباض العضلات الناعمة الطرفية، في الوقت الذي يكون فيه دور هرمون الدوستيرون ثانويا.

وتزيد أهمية دور الهرمونات الثلاثة أثناء التدريب على ديناميكية الدم في الأوعية الدموية أثناء التدريب أكثر منه أثناء الراحة، نظرا لعمليات نقص ماء البلازما أو انخفاض حجم الدم نتيجة لذلك، ولم يزل دور هرموني الكاتيكولامين أكثر تأثيرا في زيادة توسيع الأوعية الدموية بالعضلات النشطة.

**5- 5- الوظيفة المناعية:**

يؤدي التدريب إلى استجابة جهاز المناعة بزيادة كرات الدم البيضاء في الدم تحت تأثير زيادة هرموني الكاتيكولامين ، كما ان زيادة هرمون الكورتيزول التي تظهر عند أداء التدريبات الطويلة على التحمل تؤدي إلى سرعة زيادة عدد كريات الدم البيضاء في الدم من نخاع العظم بعد التدريب لمدة ساعتين .

يؤدي التدريب الزائد إلى تأثير سلبي على جهاز المناعة حيث يقوم تثبيط الوظائف الطبيعية لهذا الجهاز، فيمكن لمجموعة شديدة من التدريبات ان تثبط الوظائف المناعية مؤقتا، وإذا ما استمر تنفيذ أحمال شديدة بشكل يومي دون مراعاة الراحة فيزيد ذلك من التأثير السلبي على استجابات المناعة، ويظهر ذلك من التأثير السلبي على استجابات المناعة، ويظهر ذلك في انخفاض مستوى الخلايا اللمفاوية والأجسام المضادة، كما ان التدريب العنيف خلال المرض يؤدي إلى ضعف مقدرة الجسم في مقاومة المرض ويزيد من المضاعفات.

توجد دلائل قوية على ان لهرمونات الضغط التي تفرزها الغدد أثناء وقوع الرياضي تحت ضغط بدني أو ضغط نفسي لها تأثيرها على التغيرات العددية والنسبية لكرات الدم البيضاء في

الدم، وأصبح من المعروف ان هرموني الابن فرين والكورتيزول لهما تاثيرهما على زيادة عدد الكرات البيضاء في الدم، ففي حالة التدريب لفترة قصيرة تكون زيادة كرات الدم البيضاء راجعة إلى زيادة الابن فرين بينما إذا استمرت زيادة التدريب إلى ساعة تكون الزيادة راجعة إلى تأثير الكورتيزول ويعمل الهرمونان معا حتى تصل زيادة كرات الدم البيضاء إلى أقصى مستوى لها بعد ثلاث ساعات من بداية التدريب وخلال الاستشفاء ترجع الكرات البيضاء إلى عددها في الدم بسرعة في النصف ساعة الأولى ثم تكون العودة بطيئة بعد ذلك حتى عودة مستوى الكورتيزول إلى وضعه الطبيعي.

وتساعد ممارسة الرياضة المعتدلة على تحسين جهاز المناعة نتيجة تأثيرها على تقليل مستوى الضغوط النفسية وتحسن الحالة المزاجية مما يساعد في تقليل التأثير السلبي لهرمونات الضغط، ويقل الشعور بالاكتئاب والقلق مما يقلل من الهرمونات المرتبطة بالحالة النفسية، وبالتالي يتحسن جهاز المناعة.

### 5- 6- تأثير الهرمونات على الصحة النفسية:

تلعب الهرمونات دورا هاما في التأثير على الصحة النفسية للإنسان كما تؤثر الرياضة تأثيرا ايجابيا على تلك الهرمونات مما يساعد في تأثير الرياضة على التخلص من الأرق والقلق والتوتر وغيرها، ويعتبر الاكتئاب بدرجاته المختلفة من الحالات الشائعة والتي يمكن ان يكون للممارسة الرياضية تأثيرا ايجابيا على الإنسان، وبالرغم من صعوبة تشخيص الاكتئاب بشكل عام، إلا ان التغيرات الفسيولوجية المصاحبة له تبدو واضحة على المستوى الخلوي في تلك التغيرات البيوكيميائية التي لها تأثيرها على الخلايا العصبية وترجع جذورها إلى العوامل الو راثية وحينما ينخفض نشاط دور الناقلات العصبية التي تقل في المخ، ونتيجة لذلك تختل وظائف كثير من مناطق المخ المسئولة عن الشهية والنوم والرغبة الجنسية والذاكرة، كما ان الاضطرابات الهرمونية لبعض الغدد الصماء في الجسم تتسبب في مزيد من وضع الجسم في حالات من الاستثارة المتكررة مما يؤدي أيضا إلى الاكتئاب،

### 5- 7- دور الهرمونات والجهاز العصبي في ضبط الساعة البيولوجية:

لاحظ الإنسان منذ القدم ان الكائن الحي يخضع لتوقيتات زمنية معينة ترتبط بها أهم وظائفه البيولوجية بمعنى ان جميع الوظائف الحيوية لأي كائن حي لا تعمل دائما على وتيرة واحدة وإنما تخضع لموجات من التذبذب بين الارتفاع والانخفاض وهو ما أدى إلى ظهور مصطلح الإيقاعات الحيوية ويعني ارتباط مستوى وظائف الجسم بحلقات زمنية في شكل دورات تطول وتقصر، وتخضع هذه الإيقاعات لتحكم الجهاز الهرموني والعصبي، حيث يوجد مركز الساعة البيولوجي في الهيبوثالاموس بالمخ والذي يؤثر بدوره على عمل الهرمونات من خلال الغدة النخامية والغدة الصنوبرية، وهذا الموضوع أصبح حاليا من الموضوعات الهامة التي يدرسها علم الكرونوبيولوجي Chronobiology، حيث تلعب هذه الإيقاعات الحيوية دورا هاما في التأثير على صحة الإنسان وكفاءته البد نية والوظيفية، وفي المجال الرياضي يلعب الإيقاع الحيوي دورا هاما في تنظيم حياة الرياضي اليومية والأسبوعية والتبادل بين فترات النوم واليقظة والتدريب

والاستشفاء ومواعيد التدريب والتغيرات المرتبطة بتغير التوقيت الزمني المحلي حينما تكون المنافسة في بلد يختلف توقيتها الزمني عن التوقيت المحلي لبلد الرياضي وغيرها من العمليات المرتبطة بالأداء الرياضي وعلاقته بالزمن والتوقيتات المختلفة.

يخضع نشاط الهرمونات أيضا للإيقاع الحيوي بأنواعه المختلفة سواء اليومي أو الأقل من اليومي، وهذا بدوره ينعكس على نشاط الإنسان اليومي ومن هذه الهرمونات على سبيل المثال البرولاكتين والثيروتروبين والتستوستيرون وهرمون النمو ويتضح التأثير المباشر للساعة البيولوجية على هرمون ACTHوهرمون النمو.

- **آليات عمل الساعة البيولوجية:**

تقع الساعة البيولوجية في النواة فوق التصالب Suprachiasmatic nucleus (SCN)وهي مجموعة من الخلايا المميزة توجد داخل الهيبوثالامس ، وبالرغم من دورها الهام في التحكم في إيقاعات الجسم الحيوية ، إلا إنها مجرد جزء من آليات تسجيل الزمن ،حيث تشارك في هذه العملية أجزاء كثيرة من الجهاز العصبي والغدد الصماء ، مثل الجهاز العصبي الذاتي وجذع المخ والهيبوثالامس ، كما تشارك الغدة الصنوبرية والغدة النخامية من خلال المسار الشبكي الهيبوثالامسي .

**كيف تعمل الساعة البيولوجية لضبط إيقاعات الجسم ؟**

• توجد في شبكية العين مستقبلات حسية خفيفة تستقبل الضوء وهي نقطة بداية المسار الشبكي الهيبوثالامسي، حيث تنقل المعلومات عن الضوء من خلال هذا المسار إلى SCN.

•تقوم SCNباستقبال المعلومة الواردة من الشبكية طوال اليوم ثم تقوم بتفسيرها وإرسالها إلى الغدة الصنوبرية.

• تقع الغدة الصنوبرية خلف الهيبوثالامس تستقبل المعلومات بطريقة غير مباشرة من SCN وتقوم الغدة الصنوبرية بإفراز هرمون الميلاتونين استجابة للرسالة الواردة.

• ويتأثر إفراز الميلاتونين بتوقيت اليوم حيث يثبط نشاطه ضوء النهار ويزيد نشاطه إذا اختفى، وستخدم الباحثون الآن مستويات الميلاتونين كمؤشر دقيق للإيقاع حوالي اليومي للإنسان.

• يزول الإيقاع حوالي اليومي إذا ما حدث خلل في SCN.

•ويوجد لدى SCNمستقبلات لهرمون الميلاتونين حيث تقوم SCNبعد استقباله بتنبيه الاستجابة العصبية الهرمونية بالهيبوثالامس، وبذا يتم التحكم في الإيقاع حوالي اليومي.

• يقوم الهيبوثالامس بتنبيه الفص الأمامي للغدة النخامية.

• تقوم الغدة النخامية بإفراز هرمون ACTH

•يقوم هرمون ACTHبتنبيه الغدة فوق الكلية لتفرز هرموني الكورتيزول والادوستيرون، مما يؤدي إلى التأثير على وظائف كثير من أجهزة الجسم وتشمل الغدد الصماء والجهاز الدوري والجهاز البولي والجهاز المناعي.