الفصل السادس

الغدد الصماء
والاستجابات الهرمونية

استجابة الغدد الصماء للتمرينات الرياضية:

من أهم الأنظمة التي يحتاجها متخصص القوة والتمرينات الرياضية نظام الغدد الصماء، وذلك للتعرف بشكل أفضل على الضغط الفيزيائي والتكيف مع التمرينات، وتحديد مدة التدريب وشدة المجهود الذي يحتاجه الفرد الرياضي، وذلك قبل أن يبدأ في أداء هذه التمرينات. وقد أثبت الدكتور سلاي نظريته والتي تتطلب العمل تحت ضغط

صورة (٦٤)

أو تحت تأثير المرض أو الموت وعلاقتها بوظيفة الغدة الكظرية، وهي نفس نظرية التدريب المستخدمة في برامج التدريب، ويجب أن يكون المحترفون على دراية أساسية بالاستجابات الهرمونية للتمرينات، وتوفر هذه المعرفة لهم نظرة عن كيفية تفريق التمرينات التى تمكن الهرمونات لتوسيط التكيفات المثلى للتدريبات، وقد تأكد أن تمرينات المقاومة هي الحافز الطبيعي الذى يسبب زيادات في كتل الأنسجة، كما تسبب أيضًا الاختلافات الحادة بين برامج تدريب المقاومة القدرة على إنتاج زيادات في حجم الأنسجة والعضلات.

وقد تحدد نوع المقاومة المستخدمة الاستجابات الهرمونية الحادثة وتتأثر تكيفات الأنسجة بواسطة التغيرات في التركيزات الهرمونية الدائرية في التمرينات المتتابعة.

وعليه يكون فهم النشاط اللاهوائي الطبيعي في جسم الرياضي شئ أساسي لنجاح الشفاء والتكيف وتصميم البرامج والتقدم في التدريب الرياضي.

المفاهيم الأساسية للتأثير على الهرمونات:

يمكن أن تمثل تمارين المقاومة حافزًا للأعصاب للتأثير على الغدة الكظرية لإطلاق الهرمونات، ولكن يمكن استباط أن كل التمرينات، تستطيع أن تزيد من تركيزات الهرمونات في الجسم، وبناء على ذلك فلا يكون للاستجابات الهرمونية لتمرين المقاومة استجابات عامة في طبيعتها تدعم هذه الحقيقة، والمفهوم الأساسي لتدريبات المقاومة تجعل الضغط في التمرينات أداة محدودة لتجديد الأنسجة المتنوعة في الجسم، ويمكن أن يتم تنفيذ ذلك عن طريق إنشاء حافز فعال، كما يمكن أن يعتمد هذا الحافز على تصميم برنامج معين لتحديد إسهام حافز التمرين، ويعتمد تأثير التدريب «التجريب» على قدرته على تحفيز التكيف.

التركيب والمخزون وإفراز الهرمونات:

الهرومونات: هي رسل كيميائية مخزنة في الغدة الصماء في بنية الجسم المخصصة لإفرازها وتشابه في ذلك الغدد الأخرى بالجسم، لذا تم استخدام مصطلح علم الغدد الصماء لوصف التكامل التام للعناصر الكيميائية التي لها وظائف هرمونية، ويتم تحفيز الغدد الصماء لإنتاج الهرمونات بواسطة إشارات كيميائية، على سبيل المثال يتم إفراز هرمون ايبنيفرين من نخاع الغدة الكظرية «الجزء الداخلي من الغدة الكظرية» عند التحفيز الطبيعي من المخ، أما الجزء الخارجي منها فيفرز هرمون الكورتيزول بعد تحفيزه بهرمون آخر وهو أدرينوكورتيكوتروبيك والذي يتم إطلاقه من الغدة النخامية، وفي التحفيز المتتالي تفرز الغدد الهرمونات في الدائرة التي تحمل معلومات الاستجابة لمستقبلات الهرمونات في الأنسجة المستخدمة.

ويمكن أن تحمل البروتينات الهرمونات الموجودة في الدم، كما تعمل هذه البروتينات أيضًا كمواقع للتخزين بداخل الدائرة ولا تكون فعالة إلا في انفصالها من جزئ البروتين، بالإضافة إلى أنها لها نشاطها البيولوجي الخاص بها في الخلايا فهي تعمل كنوع من أنواع

الهرمونات؛ لذا فهي ذات دور حيوي في وظيفة الهرمون. فيمكنها **إطالة عمر الهرمون، وتقلل من أي عوامل هادمة على دورة الهرمون وإنشاء هرمون مركب مع البروتين.**

وتؤثر العديد من الهرمونات على الأنسجة المتعددة في الجسم، فهرمون تستستيرون يتفاعل مع كل الألياف، وسوف نركز في هذا الفصل على ألياف العضلات كأحد أهداف هذه الهرمونات، ولكن هناك الكثير من الألياف مثل العظام والكبد والكلى تكون هامة، مثلها مثل العضلات لكى تتكيف مع التغييرات التى تحدث أثناء تمرينات المقاومة.

تعتبر الهرمونات مسئولة عن تنظيم العديد من الأنظمة الفيزيائية المختلفة، وتلعب العديد من الهرمونات أدوارًا فيزيائيةً متعددةً، كما تلعب أيضًا دورًا في تنظيم وظيفة الأيض من خلال التحكم بالطاقة في الخلايا.

تأثير الهرمونات:

تعتبر الهرمونات التي تتفاعل مع عضلات الهيكل العظمى جزء من النظام المتكامل الذي يسوي بين التغييرات التي حدثت في عملية الأيض أو العمليات الخلوية في العضلة نتيجة لتمرين المقاومة، ويتدخل تجديد العضلات في تجميع بروتينات جديدة وإنشاء النسيج الجديد في لحم الجسم، وهي من أكثر عمليات التكيف بالنسبة لتمرين المقاومة في العضلات وتكون الزيادة في مقدار البروتينات المتقلصة «الأكتين، والميوسين» كما تتغير سلسلة بروتين الميوسين في البنية العضلية من ألياف IIB و IIA وذلك بالإضافة إلى تكوين البروتينات المتقلصة التى تساعد على تكامل البنية بداخل لحم الجسم.

إن عملية تحفيز تجميع البروتين عن طريق تمرينات المقاومة الشديدة يتيح لكل من جودة وكمية العضلات لكي تتحول في مدة التمرين، فتعتبر الزيادة في تركيب البروتين ونقصان التكسير به هي الخطوة الأولى في نمو العضلات.

نوع الغدة	الهرمون	التفاعلات الفيزيائية
الغدة النخامية الأمامية	هرمون النمو	يحفز عامل النمو ويحفز النمو وتكوين البروتين والأيض
	هرمون أدرينوكورتيكوتروبيك	يحفز الغدة الكظرية الداخلية

نوع الغدة	الهرمون	التفاعلات الفيزيائية
الغدة النخامية الخلفية	هرمون أندويرينك	يزيد من تكوين العضلات وامتصاص المياه في الكلى
الغدة الدرقية	هرمون الثيروكسين	يحفز الأيض الأكسجيني في خلايا النمو والميتوكندريا.
	هرمون كالسيتونين	يقلل من الكالسيوم في الدم.
الغدة الجاردرقية	الهرمون الجاردرقي	يزيد من الكالسيوم في الدم ويقلل من الفوسفات ويحفز تكوين العظام
البنكرياس	الجلوكاجون	يزيد من مستويات الجلوكوز في الدم
	الأنسولين	يقلل الجلوكوز في الدم

تدخل الهرمونات في العديد من آليات النمو والأنشطة، فإنتاج بروتينات مثل المايوسين والأكتين يكمل عملية نمو الجسم على المستوى العضلي.

تساهم الهرمونات كهرمون النمو على سبيل المثال في عوامل عديدة من عملية تكوين العضلات ويساعد في تجديد العضلات التي يدخل فيها التغيير في عملية الأيض للبروتين والتغييرات البدنية والإضافات التي تحدث بعد التمرين، فهناك مزيد من ألياف العضلات تتكون بعد أداء التمرين.

دور المستقبلات في توسيط التغييرات الهرمونية:

توجد المستقبلات في كل خلية، ابتداء من ألياف العضلات وانتهاء بخلايا المخ، وأحد المفاهيم الأساسية في علم استجابة الأعضاء هي تفاعلات الهرمونات مع المستقبلات والمعروفة باسم القفل والمفتاح، فالهرمون هو المفتاح، والمستقبل هو القفل، فالهرمون هو الوحيد الذي يحمل الصفات الصحيحة للتفاعل مع المستقبل، ولكن هناك

بعض الحالات التي يتفاعل فيها أحد المستقبلات مع هرمون غير الهرمون الخاص به ولكن عند حدوث ذلك تحدث تفاعلات بيولوجية مختلفة عن المتوقع.

وقد تحتوي المستقبلات على مواقع تجميع والتي يمكن من خلالها أن تقوم عناصر أخرى بخلاف الهرمونات بتعزيز أو تخفيض الاستجابة الخلوية للهرمون، ففي الغالب يقوم المستقبل أو الهرمون بتوصيل الرسالة إلى الخلية، وتقوم المادة الجينية بترجمة هذه الرسالة الهرمونية لتكوين البروتين، وعندما ينتهي التكيف تنتهي معه هذه العملية ولا تستجيب المستقبلات للهرمون الذي يحاول تحفيز هذه الاستجابة داخل الخلية وتسمى هذه العملية التنظيم التنازلي لوظيفة المستقبل والتي يفقد فيها المستقبل دوره في زيادة أو إنقاص عملية التجميع.

تفاعلات الهرمون مع المستقبل:

تحتوي البنية الخلوية على نوعين من الهرمونات، هما ستروييد وبوليببتيد، وتختلف تفاعل كل منهما مع الخلية.

تفاعلات هرمونات ستروييد: تشمل هذه الهرمونات هرمونات الغدة الدرقية الخارجية التى تحتوي على دهون قابلة للتحلل، وبذلك يمكنها الوصول إلى ألياف العضلات، ووضع بعض العلماء افتراضات على وجود بروتينات الثقل التي تحدد هذه الحركة، وهم لا يعرفون حتى الآن مكان مستقبلات ستروييد، ولكن بغض النظر عن مكانها فسلسلة الأحداث الأساسية لا تتغير بعد الوصول إلى مكان التفاعل حيث يشترك الهرمون مع المستقبل لتكوين مستقبل الهرمون المعقد مما يسبب تحول في المستقبل وتنشيطه فيقوم بذلك بتنظيم بعض المعززات أو عناصر الجينات، تقوم الرنا RNA الثانية بترجمة الجين بواسطة تشفير البروتين الذي تم طلبه بواسطة خلايا الدم، ثم يتم ترجمته إلى بروتين، بذلك يكون التفاعل في هرمون ستروييد كامل على المستوى الجيني للخلية.

تفاعلات هرمون بوليببتيد: تتكون هذه الهرمونات من الأحماض الأمينية، وأحد الأمثلة على هذه الهرمونات هي هرمون النمو والأنسولين، وترتبط هرمونات البوليببتيك بالمستقبلات على سطح الخلية، وبما أن هذا الهرمون لا يتحلل فلا يمكن أن يتم إرساله مباشرة، ولكن يجب أن يمر على آخر للحصول على الرسالة وتسليمها للخلية، فيتم تنشيط هذا الوسيط بواسطة التغيير في المستقبل، ثم يقوم هذا الرسول

بتوجيه هذه الوحدات إلى مناطق معينة في الخلية ليتم تحديد الهرمون، ثم يتم بعد ذلك الاستجابة الفيزيائية للهرمون.

تمرينات المقاومة واستجابة الهرمونات:

تجلب تمرينات المقاومة استجابات مؤثرة ينتج عنها قوة وطاقة في العضلات التي تم توجيه التدريب لها، وتتسبب الزيادة في مستويات الهرمونات اللاهوائية التي تتزامن مع أداء التمرينات ذات الشدة المرتفعة، في التفاعلات المتزايدة في آليات الخلايا المتنوعة، وتعزز تطوير إنتاج البروتين في العضلات، وبالتحفيز الطبيعى من العصب ألفا إلى أداء العضلة يتم إرسال إشارات متنوعة من العضلات النشيطة إلى الغدد الصماء.

يتم تحفيز هذه الهرمونات من خلال تمرينات المقاومة، وهي توفر أيضًا معلومات عن الجسم، مثل متطلبات عملية الأيض لتمرين معين، والحاجة إلى إحداث تغييرات في فترة الراحة، وبذلك يتم تنشيط بعض الهرمونات من خلال نماذج معينة من نظام التحفيز عن طريق تمرينات المقاومة، وتتكامل هذه النماذج مع الهرمونات؛ لتكون استجابة الألياف لبرامج التدريب، وتتزايد الهرمونات كاستجابة لتمرينات المقاومة في البيئة الفسيولوجية، ويتم من خلال ذلك إنتاج قدر مناسب من القوة التي تتطلب تنشيط مرتفع لإشباع العصب الذي تم تحفيزه من خلال تمرينات أخرى من تمرينات التحمل، كما يتم تحفيز ألياف العضلات الخاصة بوحدات العصب المنشطة، ويتم وضع هذه القدرة داخل ألياف العضلات نظرًا لهذا الجهد الخارجي الشديد.

ومن بين العديد من الاستجابات المختلفة لقوة الإنتاج، تتأثر عملية تكوين المستقبلات في خلايا العضلات، بالإضافة إلى عمليات الالتهاب المرتبطة بإتلاف الأنسجة وإصلاح الآليات التي تم تنشيطها بالضغط والتشغيل في وقت العمل، ويتم إنتاج قوة خاصة في الألياف المنشطة التي تحفز المستقبل بما فيها الهرمونات والتي تقوم على نمو العضلات. إن اتباع التمرينات، يجدد أنسجة العضلات ويساعد في بنية الهرمونات التي توفر التفاعلات اللاهوائية، كما تـؤدي لزيادة تكوين البروتين الأكتين والمويسين في العضلات إذا كان الضغط شديدًا، وقد تظهر تفاعلات أيضية هادمة في العضلات نتيجة لعدم قدرة الهرمونات اللاهوائية على تجميع المستقبلات أو عدم التنظيم في أنسجة العضلات؛ لذا فإن التفاعلات الهرمونية مهمة أثناء وبعد التمرين وتعتمد أهمية الاستجابة الهرمونية على حجم الأنسجة المحفزة ومقدار تجدد هذه الأنسجة والإصلاح

المطلوب لأداء التمرين.

ولا يعتمد نمو العضلات بشكل أساسي على تكوين البروتين، لكن انخفاض مقداره يعتبر ذا أهمية، وبذلك تتأثر الأنسجة والعضلات التي يتم تنشيطها بالتمرينات، لذلك فإن بعض الأنسجة تكون مرتبطة بالهيئات وزيادة حجم الخلية بينما الأنسجة الأخرى يقل احتمال نموها؛ لذا فاستخدام برنامج محدد لنفس التمرين، يؤثر في المجموعة المحددة من العضلات التي يتم تنشيطها من خلال هذا التمرين ثم يتم تحفيزها لكي تنمو.

آليات التفاعل الهرموني:

تعتمد آليات التفاعل الهرموني لأنسجة العضلات على العديد من العوامل:

أولا: عندما يزيد التمرين من تركيزات الهرمون في الدم يكون احتمال التفاعل مع المستقبلات أكبر. فعلى سبيل المثال، قد لا تكون خلية العضلة التي وصلت لأقصى حجم بالتمرين المستمر حساسة للعلامات الهرمونية بالجسم لتحفيز بروتين أكثر. ولكن كيف ومتى يتم هذا التخفيض في حساسية المستقبل فهو غير معلوم. ومن ثم تكون الزيادة في الحجم محددة بواسطة الجينات.

ثانيًا: بما أن التكيف غير هوائي بطبيعته، تشترك آليات الشفاء المرتبطة للزيادات في الحجم في الخلايا، ويكون لها تأثير أيضيٌّ كبير على الخلية، وتكون غير فعالة لبرنامج التدريب، وقد يعتقد البعض أن تكون العديد من الآليات المختلفة لتحفيز ظاهرة التضخم بواسطة التمرينات، ولكن ليس كل إنتاج للقوة يمكننا تفسيره بواسطة الزيادة في أنسجة العضلات فهناك العوامل الطبيعية التي تؤثر في هذه العملية أيضًا. وتكامل هذه العوامل والأنظمة وآليات الهرمونات تختلف بين الأشخاص المدربين والأشخاص غير المدربين. وقد تكون بعض الهرمونات غير مناسبة لكل من الجنسين أو لكل الأعمار. ويجب أن نعتمد الآن على التأثيرات المختلفة لآليات الهرمونات في تصميم البرامج ومستوى التدريب باختلاف الجنس والعمر والجينات.

التغييرات الهرمونية في الدم:

يمكن أن تختلف تركيزات الهرمونات في المراحل المختلفة من التدريب ويتم تحديد تركيزات الهرمونات في عينات الدم، ويمكن أن يكون التكامل بينهما صعب لذا يمكن تغيير العديد من الهرمونات في نموذجها باستمرار. لذلك يجب توخي الحذر عند ترجمة

استجابات الهرمونات فهي توفر إشارة مؤكدة وتحدد مسئوليات الغدد والحالة الفعالة للآليات التي يتم فيها قياس الهرمومات. ويجب أن يتم ملاحظة أن التركيزات الخارجية للهرمونات في الدم لا تشير إلى تأثيرات الهرمون بداخل الخلية. فإذا كان هناك زيادة كبيرة من تركيز الهرمون فإن احتمالات التفاعل مع المستقبل كبيرة. تشترك العديد من الآليات الفسيولوجية في الدرجات المختلفة للتغيرات التى يتم ملاحظتها في تركيزات الدم الخارجية للهرمون، ويشير ذلك للتالي.

- **تغير حجم السائل**: يتغير حجم سائل الجسم من الدم إلى الخلايا كنتيجة للتمرين، مما يؤدي لزيادة تركيز الهرمون في الدم بدون أي تغييرات في الغدد. ويمكن أفتراضها بغض النظر عن آلية الزيادة، تغير هذه التركيزات من أحتمالات تفاعل المستقبل.
- **الأنسجة وخاصة الكبد ووضوح معدلات الهرمون**: تتبع الهرمونات دائرة من الأنسجة والأعضاء ويعتبر الكبد أحد هذه الأعضاء في الجسم وقد يمنع الوضوح للنسيج الهرمون خارج الدائرة وذلك بقطع إيصاله بالمستقبلات الهدف في الأجزاء الأخرى من الجسم، أو يمكن أن ينحدر منه، ولكن بدون وظيفة.

إنحلال الهرمون: تكسر الهرمون نفسه

يتراجع الدم في الدائرة السطحية نتيجة لشدة نشاط العضلات؛ لذا يرجع الدم إلى طبيعته في الفترات الزمنية عندما يقل نشاط العضلة، ويمكن أن يزيد تدفق الدم من تركيزات الهرمونات إلى الأنسجة الهدف.

التفاعلات مع البروتينات المتجمعة في الدم: تجمع الهرمونات مع بروتينات معينة في الدم يساعد في النقل وتتفاعل الهرمونات الحرة مع الأنسجة أما الهرمونات غير الحرة فتتفاعل مع مستقبلات الخلايا الأخرى.

تفاعلات المستقبلات: تتفاعل كل هذه الآليات لإنتاج تركيز معين من الهرمون في الدم مما يؤثر التفاعلات مع المستقبلات في النسيج الهدف وتأثيراته اللاحقة مما يؤدى إلى النتيجة النهائية للهرمون في الخلية.

استجابة التستستيرون

استخدام التستستيرون كمميز لتقويم الحالة المرتفعة للجسم، ولقد تم مراجعة

تمت مراجعة التحكم الهرمونى لإطلاق التستسيرون المسبق. ولقد كان التأثير المباشر للتيستستيرون على نمو العضلات الهيكلية وعلى النسيج العضلي مشابه للتأثيرات الناتجة من IGF1. وقد يكون للتستستيرون تأثير غير مباشر على المحتوى البروتيني للنسيج العضلي، عن طريق تعزيز إطلاق هرمون النمو، مما يؤدي إلى تركيب الـIGF وإطلاقه من الكبد، هذا بالإضافة إلى تأثير التستستيرون على تطور قوة وحجم العضلة الذي يرتبط بتأثير التستستيرون على الجهاز العصبي. وعلى سبيل المثال يتفاعل التستستيرون مع المستقبلات الموجودة على الوحدات العصبية مما يؤدي إلى زيادته، مما يؤدي إلى تأثير التغير البروتيني الهيكلي إلى تغيرات في حجم نقاط الاتصال العصبية العضلية، حيث كل واحدة منها تعمل على تحسين قدرة القوة الإنتاجية للعضلة التي تتولد من الأعصاب، وهذا التفاعل المحتمل مع الهرمونات الأخرى يوضح طبيعة التكامل الكبير للنظام العصبي الهرموني في التأثير على أسلوب القوة في العضلات.

كيف يتفاعل التستستيرون بدقة مع نواة الخلية العصبية الموجودة عند النقطة محل السؤال؟؟

بعد الإفراز ينتقل التستستيرون إلى الأنسجة المستهدفة عن طريق ناقل البروتين مثل الهرمون الجنسي الملازم للجلوبولين والتى يتلازم بعدها مع بروتين رابطة الغشاء، أو مستقبلات العصارة الخلوية والتي تنشط، ثم بعد ذلك ترحل إلى نواة الخلية حيث تتفاعل مع مستقبلات النواة الحادثة والناتجة عن التركيب البروتيني.

ويلاحظ زيادة تركيز الدم على سطح التستستيرون خلال وبعد العديد من أنواع تمارين التحمل المكثفة، وهكذا فإن تنوع التفاعلات الخلوية للتستستيرون قد تؤدي إلى فروق في غشاء الخلية الناتجة عن تمرين المقاومة، وقد يرجع هذا إلى القوى الموضوعة على الأغشية لتمارين المقاومة أو آليات التغذية الرجعية المختلفة التي ترسل إشارات إلى مراكز المخ العليا، «مثل المستويات العليا للتغذية الرجعية للتستستيرون في المخ التي تقلل إفراز هرمون اللوتنه» هذا بالإضافة إلى أن تفاعلات المستقبلات قد تختلف تمامًا وفقًا لظروف التمارين المختلفة التي ترجع للقوى المتباينة للأغشية، وتذكر دائمًا أن تمارين التحمل المكثفة يمكن أن يكون لها استجابة خطيرة جدًا مبددة للنسيج، وقد يرتبط زيادة التستستيرون بالحاجة للحفاظ على التركيب البروتيني للبقاء في حالة جيدة مع فقد البروتين، ولا يحدث التضخم بشكل تقليدى مع تمارين التحمل، وفي الحقيقة نجد

أن الضغط المؤكسد بالخلية والذي يظهر بنسيج العضلة يحاول فقط الحفاظ على الحجم الأمثل لأكسدة الأيض. وبدون إثارة التمارين الرياضية تكون آليات الخلايا التي تعمل على تزايد الخلية في حالة الخمول.

وفي الذكور صغار السن يبدو أن هناك العديد من العوامل التي تؤثر على المصل الحاد لتركيز التستستيرون وقد يلعب دورًا مهمًا أثناء التمرين أو بعده أو بشكل مستقل أو في مساهمات متنوعة كما يمكن أن تزيد متغيرات التمارين العديدة من تركيز مصل التستستيرون، عن طريق:

- تمرينات المجموعة العضلية الكبيرة «مثل رفع الأثقال وقوى التنظيف والقرفصاء»
- تمارين المقاومة الكبيرة «٨٥ – ٩٥٪ IRM» «أقصى تكرار»
- إنجاز قدر من التمارين من المتوسط إلى العالي مع وضع متعدد أو تمارين متعددة.
- استخدام فترات استراحة قصيرة انتقالية «من نصف دقيقة إلى دقيقة».

ويتم تحديد زيادة نسبة هرمون التستستيرون عن طريق أخذ عينة من الدم قبل وبعد البرنامج التدريبي مباشرة وخاصة التمرينات التي تركز على المجموعات العضلية الكبيرة، وقد يكون هناك اختلاف في مستوى الهرمون خلال فترات الأداء استجابة للضغوط المختلفة. هذا بالإضافة إلى الارتداد الممكن للهرمون أو تقليل لقيمه في الدم بمرور الوقت، مما يعكس الزيادة أو الانخفاض تبعًا للتغيرات اليومية، ومن الصعب قياس الهرمون بالنسبة لعينات الدم المتأخرة.

والتنوع الكبير لبرامج التمارين تثير زيادة التستستيرون في الاستجابة لضغط التمرين الحاد، وأي نقص في التغير يمكن عزوه بالشكل التقليدي إلى واحد من العناصر التي تم شرحها آنفًا «**حجم مجموعة العضلة والكثافة وغيرها**»، ولم يتمكن فاهي وزملاؤه من شرح الزيادة الكبيرة بين ذكور المدارس الثانوية الكبار في تركيز التستستيرون الكلي، وقد اعتقد أن هذا يرجع إلى عدم استجابة الخلية عند فحص الذكور الصغار، ويقترح التقرير الحالي لكارمر وزملائه، أن الزيادة التي قد تحدث إذا ما استمرت فترة تدريب المقاومة بين ذكور المدارس الثانوية الكبار «١٤ – ١٨ سنة» لمدة سنتين أو أكثر.

ويدعم هذا التقرير الأولي أن احتمالية ممارسة التمرينات المقاومة تغير آليات الإطلاق

أو التركيز الفسيولوجي «مثل أوقات النصفية وحجم البلازما» للمحور التحت المهادي النخامي الخصوي «الذي يفرز من المخ للتحفيز لإنتاج وفرز التستستيرون» عند الذكور الصغار، وقد ظهرت حديثًا برامج تدريبات للمقاومة أكثر تطورًا عند الأطفال الصغار وبدأت تكون مقبولة من قبل المجتمعات الطبية والعملية، وقد تكون هذه البرامج أكثر تأثيرًا في حدوث بعض التغيرات في أنماط إفراز التستستيرون، وهذا الاستخدام المستمر للمدى الكبير من البرامج المتقدمة يؤثر على استجابات التستستيرون عند الذكور الصغار، وكيفية ارتباط هذا بالنمو والتطور البلوغي الذي مازال تحت الدراسة.

استجابات مصل التستستيرون للمقاومة لبرامج تمرين المقاومة المختلفة

مصل التستستيرون نانومتر/ لتر

- المجموعة «١» «القوة» المجموعة «٢» «الضخامة»

٥٥/ ٣ «حدث أولي» ١٠H/ ١ «حدث أولي»

١٠S/ ٣ «التحكم في الشحنة» ٥H/ ١ «التحكم في الشحنة»

٥S/ ١ «التحكم في الراحة» ١٠H/ ٣ «التحكم في الراحة»

وتتكون كل الحلقات من ثمانية تمارين مقاومة نمطية الترتيب، والتي تمرن كل واحدة منها مجموعة من العضلات الرئيسة للجسم، الوضع «١» «العمل الكلي الأسفل» حيث كان تكراره خمس مرات بحد أقصى، ويعتمد على القيام ب٣-٥ أوضاع/ تمارين وتشكل الحدث الأولي «٥٥/ ٣»، والعمل الكلي للتحكم في الحمولة «تكرار ٥- ١٠» «١٠S/ ٣» والتحكم في الراحة «قلل إلى ثلاثة دقائق» «٥٥/ ١» الذي كان مطابقًا للعمل الأولي، وبالنسبة للوضع الثاني «ذات العمل الكلي الأكبر بنفس التمارين والترتيب» يكون الحدث الأولي «١٠H/ ٣» يتكون من ثلاثة أوضاع بتكرار عشرة مرات كحد أقصى للتمارين الثمانية المتطابقة، مرة أخرى للعمل الكلي للتحكم في الحمولة بتكرار ١٠- ٥ كحد أقصى «٥H/ ١» والتحكم في الراحة «١ دقيقة ازدادت إلى ٣ دقائق» «١٠H/ ٣» والذي كان مطابقًا لتلك الموجود في الحدث الأولى - مستويات قبل التمرين المعنية المذكورة عالية - إعادة الطبع من قبل كرامر وزملائه « ١٩٩٠».

ارتباط التستستيرون الحر:

تتوافر البيانات الهزيلة التي تهتم بتأثير التمارين الحادة على استجابة التستستيرون الحر «التستستيرون غير المرتبط بالبروتين مثل الهرمون الجنسي المرتبط بالجلوبولين لنقله»، ولقد لاحظ هاكنين وزملائه أن التستستيرون الحر ثابت أو يتناقص بعد حلقات تدريب تمارين المقاومة، ونقول ما تسمى بفرضية الهرمون الحر أن الهرمون الحر فقط هو الذي يتفاعل مع الأنسجة المستهدفة، ويظل الهرمون المرتبط يؤثر بشكل كبير على معدل توصيل الهرمون إلى الأنسجة المستهدفة مثل العضلات.

ويلعب التنظيم والتفاعل دورًا هامًّا في ربط البروتينات وتفاعلاتها مع مراعاة بعض العوامل الهامة وخاصة لدى المرأة التي يكون إجمالي كمية التستستيرون لديها ضعيفة جدًا إذا ماقورنت بالرجل، في الحقيقة يتصرف البروتين المرتبطة بنفسه كهرمون ذي نشاط حيوي. والدور الحيوي للهرمون المرتبط المختلف يبدو وكأنه عنصر هام في تفاعلات النسيج، وتوضح ملاحظاتهم أن التغير في الهرمون الجنسي المرتبط بالجلوبولين ومعدل هذا البروتين إلى التستستيرون يرتبط بقوة الرجل المتساوية وتعكس أنماط تحسين إنتاج القوة في الجهاز العضلي للرجل.

استجابات التستستيرون عند المرأة:

نجد أن معظم بيانات الاستجابات الهرمونية بعد أداء تمرينات وتدريبات المقاومة لدى طلبة الكليات كبار السن، حيث نسبت الاختلافات في أنماط استجابة هرمون التستستيرون أثناء النمو والتطور إلى العنصر المسئول عن الفروق في التطورات العضلية وقوة العضلة بين الرجال والنساء، وحتى الآن نجد معظم الدراسات تعرض أن المرأة بالشكل التقليدي لا تظهر التحفز نحو التمرين وزيادة التستستيرون الناتج عن الأشكال المختلفة لتمارين المقاومة الثقيلة، وقد يختلف هذا مع المرأة المفردة حيث يمكن إطلاق الهرمون الأدريناني عالي التنشيط للذكورة، وفي أحد التقارير تم ملاحظة التغيرات في أحد المستويات الأساسية للتستستيرون بالمقارنة بالتحكم غير الفاعل، ومازالت الدراسات الأخرى غير قادرة على إظهار التغيرات في تركيز مصل التستستيرون مع التدريب، ولقد أوضح حديثًا هاكنين وزملاؤه، أن التغيرات في

مستويات التستستيرون الكلية والحرة أثناء تدريبات القوة كانت ترتبط بخصائص إنتاج قوة العضلة ولهذا لم يتم ملاحظة زيادة كبيرة، ويوضح مقاومة التستستيرون عند الإناث في الاستجابة لحدثين مختلفين.

استجابات مصل التستستيرون عند الذكور وعند الإناث في برنامجي تدريب، فالبرنامج «أ» استخدام ثمانية تدريبات بالتكرار خمسة مرات كحد أقصى في ثلاث دقائق بين التسجيل والتمرين، والبرنامج «ب» استخدام ثمانية تمارين بالتكرار لعشر مرات كحد أقصى خلال فترة راحة تقدر بدقيقة واحدة بين التسجيل والتمرين، ولقد كان العمل الكلي للبرنامج الثاني أعلى وأكبر بكثير من الوضع الآخر، كرامر وزملائه «١٩٩١».

تكيف التدريب مع التستستيرون:

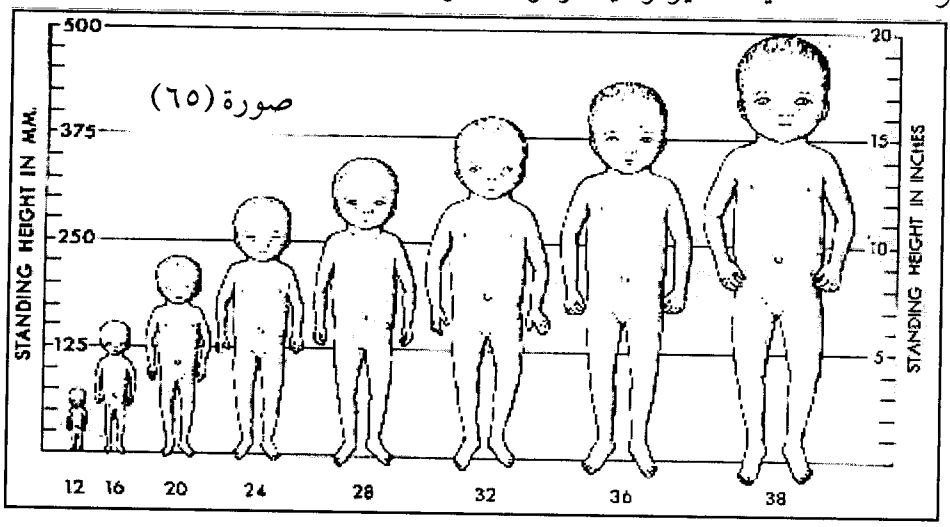
مازلنا نتعرف على استجابات التستستيرون لتدريبات المقاومة ويبدو أن وقت التدريب والخبرة من العناصر الهامة جدًا في تعديل تركيز هذا الهرمون المحفز سواء بالراحة أو التدريب، ففي الذكور البالغين نلاحظ الزيادة الحادة في التستستيرون إذا كان حافزًا لتمرين كافٍ «وضع متعدد بتكرار ٥ - ١٠ كحد أقصى مع استخدام قدر كافٍ من الكتلة العضلية» وأظهر هاكنين وزملاؤه أنه على مدار سنتين من التدريب لمجموعة رفع الأثقال زيادة مصل التستستيرون عند الراحة حتى ولو كانت المجموعة لاعبي ألعاب قوة وقد كان هذا مصاحب للزيادة في الهرمون المنبه للجريب وهرمون اللوتنه وهو المنظم الكبير في المخ لإنتاج وإطلاق التستستيرون ومثل هذه التغيرات تزيد التكيف العصبي الذي يحدث للحصول على القوة في تدريبات ألعاب القوى المكثفة.

وأظهرت دراسة هاكنين للتعرف على تغيرات التستستيرون تشابه ملحوظ بأنماط تغيرات القوة، وعكس معدل ارتباط الهرمون الجنسي مع الجلوبولين إلى أن التستستيرون يحدث التغيرات في القوة، حتى ولو كانت قليلة جدًا، وأنه من المفترض أن هؤلاء اللاعبين يوجد لديهم تكيف قليل محتمل للتغيرات في تضخم العضلة «مثل اللاعبين ذوي تدريبات القوى العالية»، وقد يكون التغير في توجيه التستستيرون جزء من التكيف المتقدم جدًا لاستراتيجية التكيف لزيادة فترات القوة للعضلة من خلال العناصر العصبية. وقد يتسبب الجهد الكهربي للآليات الهرمونية الآخري في تطور

النسيج أو نتيجة تحسن العناصر العصبية، وتبدو هذه الاختلافات في استراتيجيات التكيف ضرورية للتزويد بالمزيد من التقدم في الأداء على مدار برنامج التدريب طويل الأمد، وقد يعكس هذا تفاعل العناصر العصبية والتضخمية المختلفة المتضمنة توسيط القوة وتغيرات الطاقة عند مد وقت التدريب لسنوات طويلة.

هرمون النمو :

من المعروف منذ القدم أن هرمون النمو هو هرمون متعدد الببتيد تفرزه سلوك معدل النبض من أمام الغدة النخامية الذي يتضمن بشكل أساسي عملية نمو العضلة المحورية وغيرها من الأنسجة الأخرى في الجسم، وهذا ليس فقط مهمًّا للتطور العادي للطفل ولكن يبدو أنه يلعب دورًا حيويًّا في التكيف مع التدريب والمقاومة، وفيما يلي نذكر بعض الوظائف الأساسية الفسيولوجية لهرمون النمو:



صورة (٦٥)

- تقليل الاستفادة من الجلوكوز.
- تقليل المكون الجليكوجيني.
- تقليل الأحماض الأمينية الناقلة عبر خلايا الأنسجة.
- زيادة المكون البروتيني.
- زيادة الاستفادة من الأحماض الدهنية.

- زيادة عملية التحلل «تحلل الدهون».
- زيادة توافر الجلوكوز والأحماض الأمينية.
- زيادة المكون الكولاجيني.
- يحفز نمو الغضروف.
- زيادة الاحتفاظ بالنيتروجين والصوديوم والبوتاسيوم والفوسفور.
- زيادة تدفق البلازما الكلوية وتنقية الكليتين.
- تعزيز التضخم الكلوي التعويضي.

صورة (٦٦)

ويتم تنظيم إفراز هرمون النمو بواسطة نظامًا معقدًا من آليات التغذية العصبية الرجعية حيث تتم الكثير من أعمال الهرمون بواسطة مجموعة ثانوية من الهرمونات التي سنناقشها في الجزئية التالية، ويحفز هرمون النمو إطلاق كلا من IGF وتوفير

الأحماض الأمينية للتكوين البروتيني، وهذا ينتج عنه ظروف تعزز إصلاح الأنسجة بوجه عام، وزيادة القدرة على الاستمرار في أداء تمارين المقاومة التالية، وتوجد تقارير عن إطلاق IGF من الخلايا غير الكبدية «مثل الدهون» والتي تشتمل على العضلة نفسها والتي لا تنتج الكثير من IGF الأساسي النمو مثلها مثل غيرها من الأنسجة، ومازال هرمون النمو يلعب دورًا حاسمًا في زيادة إطلاق IGF والذي يعتبر واحدًا من أكثر عناصر البناء فاعلية؛ لأن خزائن الـIGF لا تطلق من الكبد بدون تحفيز هرمون النمو، وترجع أهميته في زيادة البناء الطبيعي للجسم، مما لا يقلل الاستجابة، وهكذا يعزز هرمون النمو إطلاق الـ IGF من مصادر الكبد التي تتفاعل مع الخلايا المختلفة بالإضافة إلى تحفيز هرمون النمو لعناصر البناء، ويطلق عليها IGF من داخل الخلايا المختلفة للتأثير على التصرفات التي تعزز النمو وتنظيم الأيض.

ويختلف إفراز هرمون النمو وكذلك كميته في الدم وفقًا للوقت الذي يفرز في اليوم مع ملاحظة وصوله إلى أعلى مستوياته أثناء النوم، ويبدو أن التمارين تزيد من إفراز هرمون النمو ولقد افترض أن الزيادات الليلية تتضمن آليات إصلاح الأنسجة المختلفة في الجسم، وهكذا من الممكن أن يكون لإفراز هرمون النمو وإطلاقه تأثير مباشر على تكيف وحدة الانقباض في العضلة ويلي ذلك ظهور القوة، وهناك عناصر مختلفة تعمل على تغيير أنماط إطلاق هرمون النمو مثل السن والجنس والنوم والتغذية واستهلاك الكحوليات.

إطلاق وارتباط هرمون النمو:

يطلق هرمون النمو تجاه الجهاز الدوري المحيطي حيث يلتحق ببروتينات ربط محددة، والتي تمثل خارج نطاق الخلية لمستقبلات هرمون النمو، ويعمل هرمون النمو من خلال ارتباطه بالمستقبلات المرتبطة ببلازما الأغشية على الخلايا المستهدفة، وتبدو متعدد الببتيد المفرد الجلوكوزي ليكون مهم لارتباط هرمون النمو، ومن غير المعروف كيفية ارتباط المدى الخارج لنطاق الخلية بحمولة المستقبلات إلى النقل العابر الفردي في المدى الكيسي عبر هذا التتابع القصير للأغشية القصيرة، وقد ينتج عن ذلك ارتباط هرمون النمو مع كل المستقبلات التي تتواجد في النهاية في بلازما سائل الأغشية، وبعد ذلك يتفاعل ويرتبط المستقبل المرتبط بخلية الغشاء بشكل خاص مع هرمون النمو.

إن لهرمون النمو أدوارًا عديدة يلعبها في الأيض والتي تشتمل على تعزيز نمو

الأنسجة، إلا أن الاستخدام الدوائي لهرمون النمو غير معروف ونتائجه غير متوقعة، خاصة مع الأفراد ذوي الغدد النخامية الطبيعية، فيبدو أن دور هرمون النمو في النسيج العضلي غير مرتبط بالأحداث التي تتضمن عدم نضج النسيج العضلي حيث أن لها القليل من الآثار المباشرة على استنبات النسيج العضلي الجنيني وتحسين وحدة التقلص بهذه التفاعلات مما يبدو أنها تساهم في تطور العضلة البكر ويلي ذلك خصائص إنتاج القوة، ومازالت البحوث الأخرى في حاجة للتوضيح الدقيق لكيفية تفاعل هرمون النمو مع الجهاز العضلي أثناء التدريب الذي يحدث التضخم.

وأظهر روجل أن علاج هرمون النمو ليس فقط فعالًا في زيادة القوة، ولكن أيضًا من الضروري تغليف الوحدة الكلية، وبالرغم من إمكانية زيادة الحجم، إلا أن جودة العضلة قد تكون سوية تحت قيود التنشيط والتحكم، وأي آثار واضحة لإرهاق العمل ترجح تنوع الآثار الثانوية التي لا ترتبط بقوة إدارة نسيج العضلة، ومما هو جدير بالتصديق أن آليات النمو الباطني ترتبط بحافز التمارين الذي له خصوصية كبيرة وأكثر تأثيرًا من حقن هرمون النمو في توسيط الأليات الخاصة التي ترتبط بتطور القوة والتضخم، وفي الحقيقة نجد أن التضخم الذي يثيره التمرين يبدو مختلف نهائيًا عن التضخم الناتج عن الحقن بهرمون النمو مع إنتاج قوة في النسيج العضلي أكبر مما ينتج عن الزيادة في الحجم عن طريق التمرين، هذا بالإضافة إلى أن التوقيت الحيوي لأحداث الخلية في العضلة وإطلاق هرمون النمو يكون حاسم للتفاعلات المثلي بين تمرين الضغط للعضلة وهرمون النمو.

استجابات هرمون النمو للضغط:

وجد أن هرمون النمو يستجيب لمجموعة متنوعة من العناصر المؤثرة والتي تشمل تمرينات المقاومة، وتزداد مستويات هرمون النمو للاستجابة لحبس النفس والتنفس العالي فقط، وكذلك أيضًا نقص الأكسجين ويبدو أن مثير إطلاق هرمون النمو يزيد من تركيز أيون الهيدروجين ولقد أظهر جوردون وزملاؤه أنه لا يزيد اللكتات في حد ذاته، وهكذا كلما زاد تركيز اللكتات التي ترتبط بأيون هيدروجين عالي التركيز في الدم كلما ازداد تركيز هرمون النمو.

ولا يبدو أن كل برامج تمارين المقاومة توضح زيادة تركيز مصل هرمون النمو، فقد

لاحظ فان هيلر وزملاؤه أنه عندما يكون الحمل خفيف «٢٨٪ من ٧Rm» يستخدم مع عدد كبير من التكرارات في كل وضع ولا يوجد أي تغيير يحدث في تركيز هرمون النمو، وهذا يوضح أنه أثناء تمارين المقاومة يوجد احتمالية أولية للكثافة عند استخدام الاستراحة لفترات طويلة أكثر من ثلاثة دقائق مما يثير استجابة هامة لحفز هرمون النمو.

وتستخدم حمولات المقاومة التي تمتد إلى كميات متصلة وتعرف ببرنامج تمارين المقاومة العملية ومن هنا يمكن أن يميز برنامج تمارين مقاومة خفيفة جدًا «مثل ١٥ RM أو أقل» أو ثقيلة جدًا أكثر من «١٥ RM» ومن الناحية النموذجية نجد أن لبرامج تمارين المقاومة الكبيرة التي تستخدم الأحمال التي تتراوح بين ١-١ ORM تأثيرًا ملحوظًا في زيادة القوة عكس استخدام المقاومة المنخفضة، وهو موجه بشكل نمطي لتحسين التحمل العضلي فضلًا عن القوة والطاقة القصوى وفي برامج تمارين المقاومة المتقدمة تستخدم الطرق المؤقتة التي تنوع الحمل والحجم «الأوضاع × التكرار × الحمل» للتمارين خلال فترة التمرين، ومن ثم تعتمد استجابة هرمون النمو على الحمولة والراحة وحجم التمرين الحادث.

ولقد وجد كرامر وزملاؤه أن زيادة المصل في هرمون النمو ذو حساسية متباينة لبرامج تمارين المقاومة المختلفة، وخاصة عندما تكون الكثافة المستخدمة «١٠ RM أو أكثر» «مقاومة كبيرة» مع ثلاثة أوضاع لكل تمرين «إجمال العمل المرتفع الذي يبلغ تقريبًا ٦٠٠٠٠ جي» بالمقارنة بفترة الاستراحة القصيرة «١ دقيقة» حيث لوحظ زيادة كبرى في تركيز المصل، ومن المشكلات الأشد خطورة التي تحدث في الاستجابة هي الانحفاض في فترة الاستراحة عندما تكون فترة الاستراحة أطول «١٠RM مقابل ٥RM» مع هذه الفروق التي ترتبط بهيئة التمرين «مثل طول فترة الاستراحة» في حلقة التمرين.

ويبدو أن هناك حاجة لمزيد من الاهتمام بمتغيرات البرنامج المصمم عند تقويم التكيف الفسيولوجي لتدريب المقاومة، هذا بالإضافة لمزيد من الدراسات لاكتشاف استخدام برامج التدريب المختلفة مع تغيرات هرمون النمو المرتبط بها؛ لتحديد مكان تضخم نسيج العضلة وتكيف القوة والطاقة المستخدمة مع مستويات تمرين فردية مختلفة.

استجابات هرمون النمو عند المرأة

تكون مستويات هرمون النمو في دم المرأة عند أعلى مستوياتها أثناء فترة الطمث بالمقارنة بالرجال نتيجة التكرار الكبير ووفرة الإفراز ويختلف تركيز الهرمون واستجابته

للتمارين في مرحلة الطمث رغم أن هذا التغيير غير واضح، ولقد وجد كرامر وزملاؤه أنه خلال المرحلة التجريبية المبكرة لدورة الطمث يكون للأنثى تركيز عالٍ لهرمون النمو عند الراحة بالمقارنة بالذكور، والأكثر من ذلك عند استخدام برامج تمرين المقاومة الكبيرة التي تتميز بفترات راحة أطول «ثلاثة دقائق» وأحمال أكبر «٥RM»، وعلى أي حال عند استخدام الراحة القصيرة «١ دقيقة» وبرامج تمرين المقاومة المتوسطة «١٠RM»، ثم ملاحظة زيادة مستويات مصل هرمون النمو نجد زيادة واضحة في نسبة تركيز الهرمون، وهذا يوضح أن أنماط الاستجابة الهرمونية قد لا تكون متشابهة مع برامج تمارين المقاومة الروتينية المختلفة على مدار دورة الطمث بما يعود إلى التغيير في مستويات الراحة.

ويجب اختيار برامج تدريب المقاومة المؤقتة على مدار دورة الطمث، ولكن هذا يتطلب المزيد من البحوث لشرح أي آليات تكيف عصبي هرمونى يرتبط بالجنس، وفي الوقت الحالي نجد المستويات المنخفضة من التستستيرون وتباين مستويات الهرمون أثناء فترات الراحة على مدار دورة الطمث الذي يبدو ليكون الأكثر دهشة للفروق العصبية الهرمونية بين الذكور والإناث، وكيف ترتبط هذه الفروق بتكييفات التدريب وتطور النسيج العصبي وظهور القوة والطاقة المتبقية التي يجب إظهارها.

تكييفات التدريب لهرمون النمو:

يبدو أنه لابد من قياس الفترات الزمنية الطويلة «٢- ٢٤ ساعة» حتى نتمكن من متابعة التغير في مستويات هرمون النمو أثناء ممارسة تمارين المقاومة، فالمنطقة التي تقع تحت منحنى الزمن تشمل سهم التأثيرات النابضة، والتي تدل على أن كان هناك تغيرًا في الإطلاق أم لا؟ واستجابة هرمون النمو لتمرين المقاومة لم يتم دراستها من الناحية الشاملة، ولكنها مجرد ملاحظات تقترح التغير البسيط لمقاييس فردية عادية لتركيز هرمون النمو أثناء الراحة لفريق رفع الأثقال.

ومن المحتمل أن كلًّا من الفروق في آليات التغذية الرجعية والتغيرات في حساسية المستقبلات وعناصر الجهد الكهربي للنمو التي تشبه الأنسولين وتنوع الأنشطة النهارية والتركيز الأقصى للتمارين تعمل على توسيط وتمثيل تغيير هرمون النمو نتيجة لتمارين المقاومة.

عناصر النمو المشابهة للأنسولين:

هناك العديد من تأثيرات هرمون النمو من خلال متعدد الببتيد الصغير الذي يسمى **بعناصر النمو المشابهة للأنسولين** «IGFs» أو السوماتيدين و «IGF-١» وهو حمض أميني متعدد الببتيدو IGF-١١ وهو حمض أمين ٦٧ متعدد الببتيد ووظيفة الأخير أقل وضوحًا ويفرز الكبد «IGFs» بعد تحفيز هرمون النمو للـ«DNA» لخلية الكبد، وهذه العملية تأخذ «٨- ٢٩ ساعة» ومعظم هرمونات متعددة الببتيد النمطية هي عناصر نمو تنتج كجزيئات مادة التشكيل والتي تجري عليها بعد عمليات المعالجة للهرمونات نفسها، ويتم حمل «الـ IGFs» على الدم ملحقة على بروتينات الربط التي يوجد منها على الأقل خمسة أنواع، وتفرز كهرمونات حرة للتفاعل مع المستقبلات والتي تنظمها العناصر المختلفة، ومقاييس الدم لمستويات IGFs والتي دائمًا ما تكون مستويات كلية «مرتبطة أو حرة» أو مستويات IGFs حرة لزيادة استجابات مصل هرمون الذكور عند الذكور وعند الإناث في برنامجي التدريب.

ومازالت أسباب الزيادة الحادة في مستويات الدم الـIGF غير معروفة، ولكن من المحتمل أن يرتبط بتمزق الخلايا المتنوعة، والتي تشمل خلايا الدهون والعضلات، حيث إن هذه الخلايا تنتج وتخزن IGF. وتشتمل خلايا الدهون على مستويات عالية نسبية لـIGF عكس العضلة المحورية التي تحوي القليل جدًّا منه، ومن الممكن إطلاق IGF من الخلايا غير الكبدية بدون هرمون النمو، هذا بالإضافة إلى أن الخلايا قد تنتج وتحتفظ بـIGF حيث تعمل بدون أي تدخل من الجهاز الدوري العام.

ويرتبط IGF الدائرية ببروتينات الربط، ويعرف وينظم على الأقل خمسة من بروتينات الربط مقدار الـIGF التي تتوافر في البلازما، وتعتبر بروتينات الربط عناصر هامة في النقل والآليات الفسيولوجية التي ترتبط بـIGF ويبدو أن IGF يحفز إفراز البروتينات التي ترتبط به من داخل خلية العضلة نفسها، ومن ثم تعدل استجابة الخلية لـIGF وتلعب بروتينات الربط التي ترتبط بـIGF الدائري دورًا هامًّا في تقييد الدخول إلى IGF متعدد الببتيد للمستقبلات، ويتأثر بتركيز هرمون النمو، وتظهر العناصر الأخرى مثل الحالة الغذائية ومستويات الأنسولين آلية إشارية هامة لإطلاق الـIGF، وكذلك فإن التأثير الغذائي على نقل وإنتاج وتنظيم التحكم في الـIGF يعتبر متغيرًا مفاجئًا يؤثر على التفاعلات الخلوية، وتؤثر كل من التغيرات الحادة في توازن النيتروجين

وامتصاص البروتين والحالة الغذائية على مجموعة الآليات المتنوعة وهو ما تم مراجعته من قبل ويبدو أيضًا أن البروتين المرتبط يشار إليه من قبل توافر المستقبل على الخلية، وهكذا نجد أن الـIGF المطلق من البروتين المرتبط يتفاعل مع مستقبل الخلية، وهذا يقلل من الناحية النظرية مقدار انحلال الـIGF ليكون قابل للتطبيق على الفترات الزمنية الطويلة.

وفي تدريب القوة نجد الكثير من هذه الآليات تتأثر بضغط التمرين والاستجابات الهرمونية الحادة والحاجة لإعادة بناء النسيج العضلي والعصبي العظمي على مستوى الخلية، والتفاعل المفاجئ للهرمونات المتعددة والمستقبلات يوفر آليات التكيف القوية في الاستجابة لتدريب المقاومة ويمكن أن يساهم في التغيرات الجوهرية في قوة وحجم العضلة.

استجابات الـIGF للتمارين:

تتوافر القليل من البيانات التي تتعلق بالاستجابة الحادة لـIGF للتمرين، فقد تم ملاحظة استجابات المتغيرت لتركيز المصل الإجمالي لـI- IGF الناتج عن تمرينات التحمل، وكيفية حدوث التغيرات الحادة مع التمارين كجزء من أسطورة، فكما ذكرنا سابقًا فهي تأخذ ٨ - ٢٩ ساعة لـIGF لينتج الهرمون المثيرات التالية، وهذا يبدو ليشير إلى إطلاق IGF من قبل المصادر التخزينية الأخرى غير الكبد، وأن الإطلاق يرجع إلى التمزق الخلوي للخلايا التى تمتلك بالفعل IGI أو هرمونات النمو التي تطلق IGF أثناء ممارسة أنواع محددة من التمارين على مدار أوقات زمنية مختلفة.

كما أوضح كرامر وزملاؤه لتقريب كل المجموعات المتنوعة من برامج تمارين المقاومة وتركيز إجمالي IGF-I الذي يزيد عند بعض النقاط عن ساعتين بعد التمرين، وفي دراسة حالية تختبر التغير في مستوى IGF الكلي مع نفس أنواع برامج التمارين لدى الإناث حيث لم يلاحظوا أي تغيير، ولقد بدا أن ارتباط التغير المنظم للتركيز الدوري لـ IGF لأنواع مختلفة من برامج التمارين إلى حد بعيد مع العناصر المنظمة التي تطلق وتنقل IGF وتقويم التغيرات في المصل على مدار فترات زمنية طويلة قد تكون من الضروري لتقيين الآثار والعلاقات المحددة لهرمون النمو في المصل.

التكيف التدريبي لـ IGF:

تظل استجابة IGF لتمارين المقاومة المختلفة غير واضحة، وكما يحدث في هرمون النمو، فإن التكيف الذي يحدثه التدريب لـIGF من المحتمل أن ينعكس على التغير في تفاعلات الإطلاق والنقل والمستقبلات، ويحتاج مثل هذا التكيف للمزيد من الاختبار للتعرف على الاستجابة لتمارين المقاومة العالية.

هرمونات الكاتيكولامين:

تتكون الغدة الكظرية من قسمين رئيسين: هما القشرة والنخاع، ويستجيب كلا الجزأين لضغط التمارين ويثير نخاع الأدرينالين الجهاز العصبي، وهكذا يوفر الاستجابة الأسرع، كما تثير اللحاء الهرمون المنبه لقشرة الكظر من أمام الغدة النخامية، وتلعب الغدة الأدرينالية دورًا حاسمًا في ظاهرة الصراع أو الهروب فهرمون الأدرينالين مهم جدًا للتمارين والتكيف للكورتيزول وهرمون اللحاء السكري من لحاء الأدرينالين والكتيكومينات من نخاع الأدرينالين ومحتوي الإيكيفالين متعدد الببتيد «مثل الببتيد F».

الكورتيزول:

كان العلماء يعتقدون أن هرمون الكورتيزول يعتبر أحد هرمونات الهدم في العضلات المحورية، وقد أثبتت الأبحاث التأثير التبديدي للكورتيزول في العضلة كما يلي:

- **يحول الأحماض الأمينية إلى مواد كربوهيدراتية.**
- **يزيد مستويات أنزيم البروتيليك «المحلل للبروتينات».**
- **يمنع التكوين البروتيني.**

وللكورتيزول تأثير تبديدي كبير في أنسجة العضلة التي تنتفخ بسرعة عن أنسجة العضلة التي تنتفخ ببطء، وفي حالة الموت تثبت الأربطة أو الإصابات وتزداد بالكورتيزول الذي ينظم تأثير استهلاك النيتروجين مع فقد صافٍ للبروتين المقلص، وهذا ينتج عن ضمور العضلة مع نقص القدرة على إنتاج القوة، وفي كورتيزول العضلة تتواجه الآثار التبديدية بالآثار البنائية للتستستيرون والأنسولين، وعند ارتباط عدد كبير من المستقبلات بقوالب الأنسولين أو للتستستيرون يلاحظ تحسن العنصر الجيني

في DNA للكورتيزول والبروتين، وعلى النقيض من ذلك إن كان هناك عدد أكبر من المستقبلات المرتبطة بفقد الكورتيزول أو البروتين، فقد يؤثر توازن الأنشطة التبديدية والبنائية في العضلة على وحدة تقليص البروتين التي تؤثر بشكل مباشر على القوة.

وبالرغم من استمرار الآليات الخلوية والبيولوجيا الجزئية للتبديد وتفسيرها بشكل متكامل، وظهور الأنشطة التبديدية لتتوسط عند مستوى التعقيد لهرمون اللحاء السكري للمستقبلات، إلا أنه يمكن أن يؤثر هرمون اللحاء السكري على آليات MRNA لإنتاج أنزيمات التحلل البروتيني، هذا بالإضافة إلى أن الزيادة الحادة للكورتيزول الدائري التي تتبع التمارين تتضمن آليات الاستجابة للمثيرات الحادة في عمليات إعادة البناء.

استجابات الكورتيزول لتمارين المقاومة:

إن استجابة الكورتيزول لبرامج تدريبات القوة التي قد ينتج عنها مثيرات مفاجئة للأيض اللاهوائي ترتبط بتغير في معدل هرمون النمو، فبرامج تمارين المقاومة التي تكون بحجم كبير وتشترك فيها مجموعات عضلية كبيرة مع انخفاض أزمنة فترات الراحة البينية يتنتج عنها ارتفاع لقيمة وتركيز الكورتيزول.

ومن المثير أن برامج التدريب الحادة والتى تخلق استجابة تبديدية كبيرة في الجسم يتنتج عنها زيادة في استجابة هرمون النمو، ولذلك فعند ارتفاع نسبة تركيز الكورتيزول تكون الزيادة جزءً من عملية إعادة البناء الكبرى فى النسيج العضلي. وعند حدوث تمزق في العضلات بدرجة محددة فإن الزيادة الحادة للكورتيزول تعتبر مؤشرًا لإعادة بناء العضلات لنفسها، وتساعد هذه العملية الزيادة المستمرة لهرمون النمو.

وبالرغم من أن الدور التبديدى يرجع إلى الكورتيزول إلا أن اللاعبين ومحترفي التدريب أبدوا اهتمامًا كبيرًا للتعرف على كيفية إعادة البناء العضلي عند حودث التمزق بالعضلات.

وتستخدم هرمونات التستستيرون والكورتيزول لتمييز حالات الهدم والبناء بالجسم.

إن استخدام الكورتيزول والتستستيرون يهدف إلى التعرف على دور هذه الهرمونات بالجسم؛ حت يمكن التنبؤ بقدرات الطاقة أو القوة للفرد الرياضي أثناء أداء تدريبات

المقاومة، وكذلك التوقع بما يحتمل حدوثه من الارتباط بزيادة بعض الهرمونات الأخرى.

ومن المحتمل جدًّا ملاحظة الفروق الكبيرة للدور الفسيولوجي للكورتيزول في الاستجابات الحادة للتمارين «الاستجابة الفورية» مقابل المزمنة «الاستجابة التي تحدث على مدى زمني طويل من وقت التدريب» لتمرين المقاومة، فمن الناحية الفعلية قد يعكس الكورتيزول الضغط الأيضي للتمرين ومن الناحية المزمنة التي تتضمن بشكل أساسي الأيض البروتيني فقد ينخفض دورها في التدريب الإضافي، وقد تكون الإصابة حرجة حيث يضمر نسيج العضلة وكذلك يلاحظ انحفاض القدرة على توليد القوة وتظل هذه الأدوار في حاجة للبحث العلمي.

الكاتيكولامينات:

تعتبر الكاتيكولامينات- الإيبنفرينن والنورايبنفرين والدوبامين أكثر أهمية للتعبير الحاد عن القوة بقدر أكبر من أي هرمون آخر، ودورها في تصرفات ترويج النمو لنسيج العضلة أقل وضوحًا، ولكن هام أثناء التطورات قبل الولادة في تعجيل عملية النمو وقد تكون تلك الكاتيكولامينات التي تضخم مرة أخرى إنتاج الهرمونات التي تعزز النمو في النظام وفيما يلي نذكر وظائف الإيبنفرينن والنورايبنفرين:

- زيادة إنتاج القوة.
- زيادة معدل تباين العضلة.
- زيادة ضغط الدم.
- زيادة توافر الطاقة.
- زيادة معدلات إفراز الهرمونات الأخرى مثل التستستيرون.

وتعكس الكاتيكولامينات المتطلبات الخطيرة والضغط الطبيعي لبرامج تمرين المقاومة فالمقاومة الكبيرة ذات الكثافة العالية «١٠RM» وفترة الراحة القصيرة «١٠ - ٦٠ ثانية» تستخدم بشكل تقليدي لبناء الجسم وزيادة القوة والتضخم،كما أنها تحافظ

على البلازما المتزايدة لمستويات الإيبنفرينن والنورايبنفرين والدوبامين كحد أدنى حتى الاستعادة، وتوضح هذه البيانات كيف تثير الأشكال المختلفة من التمارين إنتاج الضغط الفسيولوجي المفاجئ الذي يتحمله فقط الأفراد ذوي التدريب العالي.

تكيف التدريب مع الكاتيكولامينات:

تزيد تمارين المقاومة الكبيرة قدرة اللاعب على إفراز مقدار أكبر من الأبينفرين خلال التمارين القصوى، ولقد اتضح أيضًا أن التمرين يقلل استجابة الإيبنفرينن إلى الضغط المتضمن في التحكم الأيضي وإنتاج القوة وجهد آلية الاستجابة للهرمونات الأخرى مثل التستستيرون و IGFs، وقد يكون تحفيز الكاتيكولامينات من أحد آليات الجهاز العصبي الهرموني التي تحدث الاستجابة لتمارين المقاومة.

الاعتبارات الهرمونية الأخرى:

يعمل حشد من الهرمونات في الحفاظ على وظائف الجسم العادية وكذلك أيضًا تكيف استجابات الجسم لتمارين المقاومة، وبالرغم من أننا نركز على واحد أو اثنين من الهرمونات لدورهم في الوظائف الفسيولوجية الخاصة، إلا أن هناك بالفعل هرمونات أخرى التي تنشئ بيئة مثالية لتصرفات الهرمون الأولية التي تحدث، فتتضمن الهرمونات مثل الأنسولين والهرمون الدرقي وبيتا إندورفين آليات للنمو والإصلاح والاستجابة لضغط التمارين، ولسوء الحظ تتوافر فقط بيانات قليلة عن استجابتها وتكيفها لتمارين أو تدريبات المقاومة وفيما يتعلق بالتحكم المتسبب نسبيًا الذي يحيط بكل من الأنسولين وإفراز الهرمون الدرقي، أنه من غير المتوقع حدوث تغير في تدوير تركيزات الراحة لهذه الهرمونات الناتجة عن التكيف التدريبي المزمن، ومن المحتمل جدًّا تأثر التغير في أدوار الإفراز خلال «٢٤ ساعة» وكذلك حساسية المستقبلات والتفاعلات المرتبطة، ولقد أكد باكرينين وزملاؤه أن هناك انحفاضًا طفيفًا وغير مهم في تركيز مصل الثيروكسين «الهرمون الدرقي الكلي والحر» بعد «٢٠ أسبوع» من التدريب. وتعتبر الآثار المسموحة لهذه الهرمونات في التحكم الأيضي وبناء الأحماض الأمينية وزيادة آليات إطلاق الهرمونات الأخرى لازمة لتفاعلات تدريبات المقاومة.

الخلاصة:

إن هناك استجابة لآليات الهرمونات عند أداء تمارين وتدريبات المقاومة، حيث يتفاعل الهرمون مع مجموعة متنوعة من الأنسجة التي تتوسط التغير لتدريب المقاومة، وهي تدل على استفادة نسيج العضلة من هذه التفاعلات الهرمونية، وتتضامن الآليات العصبية الهرمونية بشكل أساسي مع الاستجابات الحادة للتمارين والتكيف مع التدريب المزمن، وتشرح الدراسات التي أختبرت البيولوجيا الجزئية للآليات العصبية الهرمونية بشكل جيد الفهم الكبير لفسيولوجيا العضلة والقوة الناتجة وأداء الطاقة، حيث يمكن فقط تحسين الأداء من خلال التحفيز المثالي للجهاز العصبي الهرموني باستخدام الأشكال المناسبة لضغط تمرين المقاومة، فالتدريب المثالي لعناصر البناء الباطني النمو توازن تكيف التدريب جديًا مع تدريب المقاومة.