تأثير شدة الأحمال التدريبية على هرمونات الغدة الدرقية والنخامية

د. سعد على سالم التائب: استاذ مساعد بكلية الصحة العامة – جامعة صبراتة– ليبيا

ملخص البحث

المقدمة وهدف البحث:

لقد ثبت إن الاستجابة الهرمونية للتدريبات الرياضية لها بالغ الأثر على نمو العضلات وقوتها , وقد أثبتت تدريبات المقاومة تأثيرات فورية وتأثيرات طويلة الأجل مما يؤدي إلى عملية نمو النسيج العضلي على المدى الطويل وقد أظهرت الأبحاث السابقة وجود تضارب في تأثير تدريبات المقاومة على هرمونات الغدة الدرقية ولذلك يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الأحمال التدريبية متوسطة الشدة وعالية الشدة على مستوى هرمون الغدة الدرقية في الدم.

إجراءات البحث: تم اختيار 40 رياضي من طلاب كلية التربية البدنية المتطوعين وتم تقسيمهم عشوائيا إلى مجموعتين ,المجموعة الأولى تتكون من 20 طالب رياضي تمارس تدريبات بحمل متوسط باستخدام العجلة الارجومترية بشدة 70% والمجموعة الثانية بنفس العدد تمارس تدريبات بشدة عالية 90% حيث تم تنفيذ شدة التدريب طبقا لمعادلة أسلوب النبض وبنسبة اللاكتيك في الدم, وتم اخذ عينات الدم قبل وبعد التدريب. أهم النتائج: لوحظ وجود معامل ارتباط سلبي بين T3 و T4 حيث توجد زيادة معنوية في مستوى هرمون T4 وانخفاض معنوي في مستوى هرمون T3 كما لوحظ وجود ارتباط سلبي بين هرمون T4 و هرمون TSH في المجموعتين مع اختلاف النسب.

الخلاصة: توجد تأثيرات معنوية لتدريبات المقاومة على هرمون الغدة الدرقية.

ABSTRACT

BACKGROUND: Endocrine responses to resistance exercise are thought to be important in the development of muscle strength and power. Resistance exercise is known to elicit acute and chronic changes in blood hormone levels, thereby mediating the long-term process of muscle tissue growth. Effects of exercise on circulating thyroid hormone values remain controversial. Clearly therefore, **the current investigation**

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

was carried out to clarify the effect of moderate and heavy exercise intensities on the level of thyroid hormones.

MATERIALS/METHODS: The effect of moderate and heavy load exercise intensities on thyroid hormones was investigated in 40 male well-trained athletes by performing bicycle ergometer at 70% (moderate intensity), and 90% (high intensity). These intensities were selected according to their maximum heart rate (MHR). At each intensity level, heart rate, blood lactate, serum total thyroxine (T_4), free thyroxine (fT_4), total triiodothyronine (T_3), free triiodothyronine (fT_3) and thyroid stimulating hormone (TSH) values were measured.

RESULTS: The results of the current study showed that moderate intensity load (70% of maximum heart rate, lactate level 4.42 ± 1.2 mmol/l) resulted in the most prominent changes in the levels of the measured hormones. At 90% of maximum heart rate, it was observed that the levels of T_4, fT_4, and TSH increased while the levels of T_3 and fT_3 decreased.

CONCLUSIONS: Maximal aerobic exercise greatly affects the level of circulating thyroid hormones.

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

1-1 المقدمة ومشكلة البحث

إن زيادة نشاط محور الغدة النخامية—الغدة الدرقية يلعب دورًا رئيسيًا في التكيف مع ممارسة الرياضة البدنية، علاوة على ذلك، فقد ثبت أن التغيرات في النشاط الإفرازي لهذا المحور في الرد على ممارسة التمارين الرياضية لا يرتبط بشكل وثيق فقط مع كثافة العمل العضلي، ولكن تتأثر أيضًا بالإجهاد الحراري(1)

تفرز الغدة الدرقية اثنين من الهرمونات التي تتكون من حمضين أمينين مربوطين باليود والتي تُعرف بهرمونات الغدة الدرقية المربوطة وهما ثلاثي يوديد الثيرونين (T3) ورباعي يوديد الثيرونين (T4أوهرمون الثيروكسين) وكلاهما

يوجد أيضا في شكل حر (fT3)، (fT4)، وترجع أهميتهما لدورهما الهام والمعروف من فترة في تنظيم الأيض الغذائي العام، والنمو، وتمايز الأنسجة وكذلك التعبير الجيني (2، 3)، ومن المعروف أيضًا أن هرمونات الغدة الدرقية تعمل على أكسدة الأحماض الدهنية والتنظيم الحراري(4). ومن المعلوم أيضًا أن العامل الطليق (TRH) يتم إفرازه من الهيبوثالاماس (تحت المهاد) ليحث الغدة النخامية لإفراز الهرمون المنشط للغدة الدرقية (TSH) (4).وعندما تتكرر التدريبات الرياضية على فترات معينة، فإن المحور بين الغدة النخامية – الغدة الدرقية يتم ضبطه عن طريق زيادة تحولات هرمونات الغدة الدرقية (5). وعند زيادة تحولات هرمون الثيروكسين وعمل الهرمونات ذات الصلة، فإن هذا من شأنه أن يؤدي إلى فرط النشاط الدرقي(6).ومع ذلك، لا يوجد أي دليل على أن مثل هذه الحالة تحدث لدى الرياضيين المدربين،على سبيل المثال، فإن الفرق بين معدل الاستقلاب الأساسي ودرجة حرارة الجسم نادرا ما يشذ في الرياضيين المدربين (4)

لقد تم التأكيد على أن التكيفات التي تظهر مبكرًا استجابةً لتدريبات التحمل تشمل تكيفات الجهاز الدوري والتمثيل الغذائي. ولقد أوضح Green et al (7) أن بعض الوحدات التدريبية تعمل على خفض معدل ضربات القلب أثناء الراحة والتمارين الرياضية الأقل من القصوى. كما أنه لاحظ بعض الباحثين انخفاض حمض اللاكتيك في الدم والعضلات وانخفاض كل من الجليكوجين والفوسفوكرياتين في العضلات بعد خمس إلى سبع وحدات تدريبية (8، 9).فضلاً عن ذلك فقد أظهرت دراسات أخرى دليلاً على زيادة جهد الميتوكوندريا كاستجابة تكيفية سريعة لتدريبات التحمل (10، 11). وقد لوحظ أن هناك نتائج مثيرة للجدل تتعلق بهرمون الغدة الدرقية والتمثيل الغذائي خلال ممارسة التمارين الرياضية في الرياضيين ذو المستويات العليا فقط والبيانات شحيحة بشأن تأثير ممارسة التمارين الرياضية على هرمون الغدة الدرقية والتمثيل الغذائي. على الرغم من أن بعض الدراسات تثبت تغيير عابر في هرمونات الغدة الدرقية أثناء الأداء البدني الشديد، معظم الدراسات تتفق على أن هذه التغيرات ذات تأثير طفيف، مما يعكس عمليا على توازن الطاقة السلبي النسبي خلال ممارسة التمارين الرياضية(12).

2-1 هدف الدراسة:

تهدف الدراسة الحالية إلى تقييم التغيرات في هرمونات الغدة الدرقية في الأفراد المدربة من طلاب كلية التربية الذكور بعد إخضاعهم للتدريبات متوسطة وعالية الشدة.

2-إجراءات البحث:

2-1- منهج البحث:

استخدم الباحث المنهج التجريبي وذلك بطريقة القياس القبلي والبعدي لملائمته لطبيعة البحث.

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

2-2 عينة البحث:

لقد شارك أربعون فردًا رياضي من طلاب كلية التربية البدنية ذكور كمتطوعين في هذه الدراسة حيث كان متوسط الأعمار (بالسنوات) والكتلة (كجم) والطول (سم) هي على الترتيب كالتالي:0.62± 19 ،4±64، 8±170. وقد تم عمل تقييم طبي شامل على جميع الأفراد وثبت خلوهم من جمع الأمراض المعدية وغير المعدية وجميعهم بحالة صحية جيدة. بعد ذلك تتم تقسيمهم عشوائيًا إلى مجموعتين بحيث تتكون كل مجموعة من عشرين فردًا، بحيث تقوم المجموعة الأولى بأداء بروتوكول التمارين متوسطة الشدة، والمجموعة الثانية تقوم بأداء بروتوكول التمارين عالية الشدة.

2-3- البرنامج التدريبي:

لقد قامت أفراد كلا المجموعتين بأداء بروتوكول التدريب الخاص بها على العجلة الأرضية (Hellige, DynavitMeditronic M 400) في الصباح بعد فترة صيام طوال الليل. ولمدة ثلاث دقائق قامت أفراد كل مجموعة على التبديل بدون مقاومة على العجلة وتم ضبط قوة العجلة على حسب كل بروتوكول: في البروتوكول متوسط الشدة تم ضبط قوة العجلة عند 60 وات وتم زيادة قوتها بمعدل 15 وات كل دقيقتين، بينما في البروتوكول عال الشدة تم ضبط قوة العجلة عند 120 وات وتم زيادة قوتها بمعدل 30 وات كل دقيقتين ، واستمر التبديل حتى لم يستطع الفرد التبديل على العجلة بمعدل 70 / دقيقة لقد تم تكرار هذين البروتوكولين خمس مرات كل اسبوع ولمدة أربع أسابيع.

2-4- جمع عينات الدم وقياس تركيز اللاكتات والهرمونات والتحليل الإحصائي:

تم أخذ عينات الدم قبل بداية وبعد انتهاء التدريب في أنابيب اختبار محتوية على هبارين، وتم أخذ جزء من هذا الدم لقياس مستوى اللاكتات وباقي الدم تم فصله بجهاز الطرد المركزي المبرد عند 4°م وذلك للحصول على البلازما والتي تم حفظها عند-120°م لحين تحليل الهرمونات. ولقد تم قياس مستوى الهرمونات T3 ، fT3 ، T4 ، fT4 ، TSH باستخدام Kits خاصة لكل هرمون وقد تم اتباع الإرشادات والخطوات الموجودة في دليل كل Kit. لقد تم عمل التحليل الإحصائي للنتائج باستخدام نسبة التغير ومعامل الارتباط (r) (13).

3-عرض ومناقشة النتائج:

3-1- عرض النتائج:

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

الجدول (1): تركيز لاكتات الدم ومستويات البلازما من TSH، T3، fT3، T4، وfT4، في المجموعة التي أجرت البرنامج التدريبي متوسط الشدة

	قبل التدريب	بعد التدريب	نسبة التغير
Lactate (mmol/L)	2.1 ± 0.32	4.73 ± 0.81**	+ 125 %
TSH (UIU/dl)	133 ± 6.2	183 ± 7.4**	+ 37.6 %
T_3ng/dl	157 ± 4.8	128 ± 5.2 *	(−) 18.5 %
fT_3pmol/L	5.42 ± 0.23	**6.77 ± 0.42***	+ 25 %
T_4ng/ml	73 ± 4.2	109 ± 10.8**	+ 49 %
fT_4pmol/L/L	15.8 ± 1.1	20.4 ± 3.3*	+ 29 %

المتوسط ± الخطأ المعياري

* معنوي عند الاحتمالية≤0.05 ** معنوي عند الاحتمالية≤0.01

(+) تعنى زيادة (−) تعنى انخفاض

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

الجدول (2): تركيز لاكتات الدومستويات البلازما من TSH، T_3، fT_3، T_4، وfT_4، في المجموعة التي أجرت البرنامج التدريبي مرتفع الشدة

	قبل التدريب	بعد التدريب	نسبة التغير
Lactate (mmol/L)	2.41 ± 0.41	8.12 ± 0.73**	+ 237 %
TSH (UIU/dl)	134 ± 8.1	197 ± 10.2**	+ 47 %
T_3ng/dl	161 ± 8.8	122 ± 6.4 *	(-) 24 %
fT_3pmol/L	5.36 ± 0.31	6.71± 0.38*	+ 25.1 %
T_4ng/ml	77 ± 3.9	121 ± 8.7**	+ 57 %
fT_4pmol/L/L	16.1 ± 1.35	22.7 ± 3.8**	+ 41 %

المتوسط ± الخطأ المعياري

* معنوي عند الاحتمالية≤0.05 ** معنوي عند الاحتمالية≤0.01

(+) تعنى زيادة (-) تعنى انخفاض

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

جدول (3): معامل الارتباط (r) بين المتغيرات في المجموعتين الذين أدوا البرنامج التدريبي متوسط وعالي الشدة.

	T_3		fT_3		T_4		fT_4		TSH		Lact.	
	MEL	**HEL**	**MEL**	**HEL**	**MEL**	**HEL**	**MEL**	**HEL**	**MEL**	**HEL**	**MEL**	**HEL**
T_3			-0.89	-0.92	-0.78	-0.84	-0.81	-0.83	-0.77	-0.73	-0.91	-0.94
fT_3	-0.89	-0.92			0.68	0.72	0.82	0.74	0.80	0.84	0.89	0.79
T_4	-0.78	-0.84	0.68	0.72			0.59	0.64	0.75	0.68	0.81	0.96
fT_4	-0.81	-0.83	0.82	0.74	0.59	0.64			0.67	0.59	0.79	0.88
TSH	-0.77	-0.73	0.80	0.84	0.75	0.68	0.67	0.59			0.94	0.89
Lact	-0.91	-0.94	0.89	0.79	0.81	0.96	0.79	0.88	0.94	0.89		

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

بالنسبة لمجموعة الأفراد التي أجرت التدريبات متوسطة الشدة، فقد أظهرت النتائج زيادة معنوية بمقدار 125%، 37.6%، 25%، 49%، 29% في تركيز اللاكتات بالدم وتركيز البلازما من هرمونات fT3، T4، fT4 ، TSH على الترتيب بينما وجد انخفاض معنوي في تركيز هرمون T3في البلازما. بالمثل في البروتوكول عال الشدة، فقد أظهرت النتائج وجود زيادة معنوية بمقدار من التغير 237%، 47%، 25.1%، 37% ، 24% في تركيز اللاكتات بالدم وتركيز البلازما من هرمونات fT3، T4، fT4 ، TSH على الترتيب بينما وجد انخفاض معنوي في تركيز هرمون T3في البلازما. من ناحية أخرى فقد أظهرت النتائج ارتباط سلبي بين هرمون T3وباقي المتغيرات ، ووجود ارتباط إيجابي بين جميع المتغيرات وبعضها البعض ماعدا T3.

3-2- مناقشة النتائج

إن الأنظمة الفسيولوجية والسيكولوجية تعملان معًا لتنظيم كمية الطاقة المنتجة والمستهلكة ومن ثم الحفاظ على النسيج الدهني. فضلاً عن ذلك فإن النسيج الدهني يقوم بإفراز هرمون الليبتين والسيتوكينات المسئولة عن الإحساس بالشبع، فضلاً ، كما أنها ترتبط بهرمونات الكتالومينات والكورتيزول والأنسولين وهرمون النمو وهرمونات الغدة الدرقية والهرمونات المنشطة للمناسل ، كما أنها ترتبط أيضًا بعملية التحلل الدهني. بالتالي فإن النسيج الدهني يتأثر بالمنبهات الفسيولوجية مثل الهرمونات، ولذلك فإن النسيج الدهني يُعتبر مكون نشط في تنظيم كمية الدهون الخاصة به. وجميع الهرمونات السابق ذكرها ترتبط ببعضها البعض وتستجيب للرياضة والتدريبات الرياضية، ولهذا فإن التدريبات الرياضية تعتبر أحد المحاور التي تربط الهرمونات بعملية إنتاج واستهلاك الطاقة (14).

ولقد أظهرت النتائج في هذه الدراسة على وجود زيادة معنوية في الهرمون المنبه للغدة الدرقية TSH في كلا البروتوكولين (متوسط الشدة وعالي الشدة)، ومن ناحية أخرى، بالرغم من وجود زيادة معنوية في كل من fT3، T4، fT4 فإن مستوى هرمون T3 أظهر انخفضًا معنويا في كلا البروتوكولين. وهذه النتائج كانت مطابقة لنتائج كل من Licata et al(15) و Cilogluet al(16). فضلاً عن ذلك فإن انخفاض T3 طبقًا لشدة التدريب يرجع إلى استهلاكه في الأنسجة المستهدفة (17، 18) حيث أنه من المعلوم أن هرمونات T3، T4 تشارك بالفعل في تنظيم امتصاص الأكسجين ووظيفة العضلات وفى عملية نسخ الجينات المعبّرة في العضلات (18، 2).

وربما يكون السبب في زيادة الهرمون المنبه للغدة الدرقية TSH يرجع لزيادة إفرازه من الغدة النخامية ليفي الزيادة في احتياجات الأنسجة العضلية من هرمونات الغدة الدرقية (18). وينبغي أن يوضع في الاعتبار أنه في الدراسة الحالية كانت جميع التغيرات الملحوظة في الهرمونات المقاسة في حدود المستويات الفسيولوجية. وعلى أية حال

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

يُمكن القول بأن الزيادة في عملية الأيض الخلوي والتغيرات في الوسط المحيط بالكائن الحى كلاهما يعملان على حدوث التغيرات في مستويات هرمونات الغدة الدرقية. إن وظيفة الغدة الدرقية تعتمد بدرجة ما على شدة التدريبات الرياضية وعلى خصائص محددة للرياضي (16)، ولذلك فإن الدراسة الحالية تقترح ولو جزئيًا بوجود ارتباط بين هرمونات الغدة الدرقية T3، T4 وشدة التدريب عند الرياضيين الطبيعيين. ولقد ثبت أن الألياف العضلية البطيئة تبدى حساسية أكبر لهرمونات الغدة الدرقية من الألياف العضلية السريعة، وبالتالي فإن زيادة هرمونات الغدة الدرقية ترتبط بزيادة كفاءة العضلات أثناء التدريبات الرياضية (19).

وفى الدراسة التي قام بها Neto et al (20) فإنهم قد أوضحوا أن هرمون الكورتيكوستيرون قد يكون أساسيًا للحفاظ على مستويات هرمونات الغدة الدرقية في التدريبات الرياضية عالية الشدة، كما أنه على الرغم من زيادة هرمون الكورتيزول وانخفاض هرمون T3 بعد التدريبات عالية الشدة في كل من الإنسان والفئران، فإنه لا يبدو استجابة نتيجة تأثير الكورتيزول حيث أنه وجد عدم استجابة T3 بعد التثبيط الدوائي لعمل الكورتكوسيرونات.

4-1 الاستنتاجات:

1- حدثت زيادة معنوية بمقدار 125%، 37.6%، 25%، 49%، 29% في تركيز اللاكتات بالدم وتركيز البلازما من هرمونات fT3، T4، fT4 ، TSH على الترتيب للبروتوكول منخفض الشدة.

2- وجد انخفاض معنوي في تركيز هرمون T3في البلازما بالدم في البروتوكول عال الشدة.

3- فقد أظهرت النتائج وجود زيادة معنوية بمقدار من التغير 237%، 47%، 25.1%، 37% ، 24% في تركيز اللاكتات بالدم وتركيز البلازما من هرمونات fT3، T4، fT4 ، TSH على الترتيب للبروتوكول عال الشدة.

4- أظهرت النتائج ارتباط سلبي بين هرمون T3وباقي المتغيرات ، ووجود ارتباط إيجابي بين جميع المتغيرات وبعضها البعض ماعدا T3.

4-2 التوصيات:

1. ضرورة الاهتمام بطبيعة العلاقات بين نشاط هرمونات الغدة الدرقية الحرة والمتحدة T3 ، T4 وهرمون الثيروتروبين TSH الموجه للغدة الدرقية في وفقا لحمل التدريب .

2. ضرورة الاهتمام بطرق التدريب وفقا لنظم انتاج الطاقة والتي تحسن بدورها من عمل هرمونات الغدة الدرقية.

3. ضرورة استخدام هرمونات الغدة الدرقية وهرمون الثيروتروبين TSH الموجه للغدة الدرقية كمؤشرات لتقييم مدى فاعلية البرامج التدريبية وفقا لنظم انتاج الطاقة .

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

4. عمل اختبارات دورية لهرمونات الغدة الدرقية وهرمون الثيروتروبين TSH الموجه للغدة الدرقية للتوقف على مدى التحسن في مستوى الكفاءة البيولوجية للرياضيين .

5- إجراء المزيد من الأبحاث والدراسات العلمية التي تتعلق بهرمونات الغدة الدرقية لتقنين الكفاءة الوظيفية وعمليات الانتقاء الأولي والمرحلي وفقاً لطبيعة وخصائص حمل المنافسة .

المراجع :

1. Alvero-Cruz JR, Ronconi M, Carrillo de Albornoz M, García Romero JC, Rosado Velázquez D, de Diego Acosta AM. (2011): Thyroid hormones response in simulated laboratory sprint duathlon. *J. Hum. Sport Exerc.* Vol. 6, No. 2

2. Edwards JG, Bahl JJ, Flink IL, Cheng YS, Morkin E. (1994): Thyroid hormone influences beta myosin heavy chain (beta MHC) expression. BiochemBiophys Res Commun, 199:1482-1488

3. Zarzeczny R, Pilis W, Langfort J, Kaciuba-Uscilko H, Nazar K. (1996): Influence of thyroid hormones on exercise tolerance and lactate threshold in rats. J PhysiolPharmacol; 47:503–13.

4. Gullu S, Altuntas F, Dincer I, Erol C, Kamel N. (2004): Effects of TSH-suppressive therapy on cardiac morphology and function: beneficial effects of the addition of beta-blockade on diastolic dysfunction. Eur J Endocrinol; 150:655–61

5. Bogaard JM, Bush HFM, Sholte HR, Stam H, Versprille A. (1988): Exercise responses in patients with an enzyme deficiency in the mitochondrial respiratory chain. J EurRespir; 1:445– 452.

6. Hackney AC, McMurray RG, Judelson DA, Harrell JS. (2003): Relationship between caloric intake, body composition, and physical

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

activity to leptin, thyroid hormones, and cortisol in adolescents. Jpn. J Physiol.; 53:475–9.

7. Green HJ, Jones LL, Painter DC. (1990): Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise. Med Sci Sports Exerc; 22:488-493.

8. Green H, Grant S, Bombardier E, Ranney D. (1999): Initial aerobic power does not alter muscle metabolic adaptations to short-term training Am J Physiol; 277:E39-E48.

9. Philips SM, Green H.J., Tarnopolsky M.A., Grant S.M. (1995): Increased clearence of lactate after short- term trainig in men. J ApplPhysiol; 79:1862-1860.

10. Chesley A, Heigenhauser GJ, Spriet LL. (1996): Regulation of muscle glycogen phosphorylase activity following short-term endurance training. Am J Physiol; 270:E328-E335 .

11. Starritt EC, Angus D, Hargreaves M. (1999): Effect of short-term training on mitochondrial ATP production rate in human skeletal muscle. J ApplPhysiol; 86:450-454.

12. Kanaka-Gantenbein C. (2005): The impact of exercise on thyroid hormone metabolism in children and adolescents. HormMetab Res. ;37(9):563-5.

13. Snedecor, G. W., Cochran, W. C. (1979): Statistical methods, 6th Ed., Iowa state Univ., Press, Ames, Iowa, U.S.A.

14. McMurray RG, and Hackney AC. (2005): Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. Sports Med. 2005;35(5):393-412.

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية

15. Licata G, Scaglione R, Novo S, Dichiara MA, Di Vincenzo D. (1984):Behaviour of serum T_3, rT_3, TT_4, fT_4 and TSH levels after exercise on a bicycle ergometer in healthy euthyroid male young subjects.Boll SocItalBiolSper. 1984 Apr 30;60(4):753-9.

16. Ciloglu F, Peker I, Pehlivan A, Karacabey K, Ilhan N, Saygin O, (2005): Exercise intensity and its effects on thyroid hormones. NeuroEndocrinolLett.; 26(6):830-4.

17. Carrillo de Albornoz Gil M. (2010): TSH and free thyroid hormones changes during incremental maximal aerobic exercise. [PhD thesis]. University of Málaga;.

18. Koistinen P, Martikkala V, Karpakka J, Vuolteenaho O, Leppäluoto J. (1996): The effects of moderate altitude on circulating thyroid hormones and thyrotropin in training athletes. J Sports Med Phys Fitness, 36:108-111,

19. Lucia A, Hoyos J, Pérez M, Chicharro J. (2001): Thyroid hormones may influence de slow component of $\dot{V}O_2$ in professional cyclist. Japan J Physiol, , 51:239-242

20. Neto RA, de Souza Dos Santos MC, Rangel IF, Ribeiro MB, Cavalcanti-de-Albuquerque JP, Ferreira AC, Cameron LC, Carvalho DP, Werneck de Castro JP. (2013): Decreased serum T_3 after an exercise session is independent of glucocorticoid peak. HormMetab Res. 45(12):893-9.

مجلة الباحث للعلوم الرياضية والاجتماعية