

Trabajo Fin de Máster:

Máster en Iniciación a la Investigación en Medicina

(Facultad de Medicina, Universidad de Zaragoza)

Título:

VARIACIONES SÉRICAS DE
ELEMENTOS TRAZA Y HORMONAS
DURANTE EL EJERCICIO FÍSICO EN
ATLETAS

Autor: MILTON JHON APAZA CUSI

Médico Residente Medicina de Familia

Hospital Universitario Miguel Servet (Zaragoza)

**Directores: Dra. Marisol Soria Aznar
 Dr. Jesús Escanero Marcen**

Título:

Variaciones séricas de elementos traza y hormonas durante el ejercicio físico en atletas

Índice:

1. Introducción

2. Objetivos e hipótesis

1. Hipótesis.
2. Objetivos.
 1. Objetivo principal.
 2. Objetivos secundarios.

3. Material y métodos

1. Sujetos y diseño del estudio.
2. Criterios de inclusión.
3. Pruebas de laboratorio y análisis sérico.
4. Análisis estadístico.

4. Resultados

5. Discusión

6. Conclusiones

7. Bibliografía

I. INTRODUCCION

Los elementos traza u oligoelementos son bioelementos químicos presentes en pequeñas cantidades (menos de un 0,05%) en los seres vivos, son indispensables para una adecuada nutrición, tanto su ausencia como su exceso puede ser perjudicial para el organismo lo cual determina su importancia para la homeostasis, motivo por el cual son llamados también elementos esenciales.

Las funciones más conocidas de los elementos traza están directamente relacionadas con sus modos de acción. La mayoría actúan como componentes o como activadores de enzimas o proteínas con función vital. Otros, sirven como unidades estructurales de proteínas y de algunas hormonas o bien formando parte de diversas proteínas de unión o almacenamiento. También pueden interactuar con algunas vitaminas así como actuar libremente como iones metálicos¹.

Elementos traza y ejercicio físico

Las variaciones de la práctica deportiva sobre los elementos traza están aún poco estudiadas. Los conocimientos actuales sobre elementos traza y ejercicio físico se orientan sobre todo a sus pérdidas (en sudor y orina) y su redistribución tisular. Los posibles mecanismo que relacionen los cambios de los niveles séricos de tales elementos aún están solo parcialmente dilucidados, podrían existir muchas posibles relaciones; una de ellas podría envolver algún mecanismo hormonal de regulación.

Dado que en el mundo del deporte de alto rendimiento los factores de tipo metabólico son importantes para un mejor desempeño deportivo; es interesante suponer que el conocer de manera más amplia la participación de los elementos traza durante el ejercicio y sus posibles formas de regulación serían de gran beneficio para intervenciones en la preparación de los deportistas.

El Zinc (Zn), Selenio (Se), Manganese (Mn) y Cobalto (Co) son elementos traza que tienen un rol importante en procesos metabólicos que ocurren durante el ejercicio².

El Zn está relacionado en muchos sistemas enzimáticos como cofactor de muchos de ellos involucrados en defensa y protección del organismo contra la formación de radicales libres³ y entre otros roles que incluyen promoción de procesos de reparación de tejidos dañados^{4,5}. Respecto a los cambios séricos de Zn en el ejercicio se han descrito estudios con resultados divergentes algunos mencionan incremento de sus niveles séricos^{6,7} tras la realización del ejercicio físico y otros disminución de sus valores⁸.

El Se tiene también una función pro-antioxidante (forma parte de la enzima glutatión peroxidasa que protege a la célula de daños por radicales libres)³. Al igual que con el Zn los resultados de estudios sobre su concentración sanguínea durante el ejercicio físico son divergentes^{9,10}.

En cuanto al Mn, está asociado a muchas metaloenzimas las cuales participan regulando el estrés oxidativo; actúa también en el sistema nervioso como un antagonista del Calcio (Ca^{2+}) inhibiendo la liberación de neurotransmisores al espacio sináptico y participa en otros procesos de síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y carbohidratos^{2,3,8}. Hay pocos datos en la literatura que indiquen algo respecto a la relación del Mn con el ejercicio físico.

El Co ha sido asociado como un agente regulador del sistema nervioso simpático, limitando el aumento de la presión arterial². Se ha reportado su uso en atletas como suplemento para mejorar su desempeño aunque no se han reportado estudios que lo avalen¹¹.

Elementos traza y hormonas

Desde que hace muchas décadas se relacionó la regulación de los niveles de Estroncio (Sr) con hormonas reguladoras del Ca^{2+} y de los niveles de Zn con la calcitonina la posibilidad de que exista otras posibles relaciones de elementos traza y regulación hormonal se han planteado, aunque el ion más estudiado en este sentido ha sido el mismo Ca^{12,13}.

En un estudio en ratas se llegó a la conclusión de que la Calcitonina influye en la homeostasis de Zn sérico¹⁴.

Actualmente hay poca información en la literatura que relacione los cambios hormonales durante el ejercicio físico y la variación de elementos traza lo cual motiva a la realización del presente estudio.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1. Hipótesis

El ejercicio físico a diferentes intensidades en atletas de elite puede modificar los valores séricos de algunos oligoelementos así como de algunas hormonas.

2. Objetivos.

2.1. Objetivo principal

Medir el efecto de la intensidad del ejercicio físico sobre los niveles séricos de varios elementos traza y hormonas en atletas de elite.

2.2. Objetivo secundario

Medir si existe correlación alguna de los cambios séricos de los elementos traza y los cambios séricos de las hormonas durante el ejercicio físico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos y diseño del estudio

Se reclutaron 27 atletas de elite (19 triatletas y 8 ciclistas), todos bien entrenados y de sexo masculino. Todos los participantes recibieron y firmaron un consentimiento informado aprobado por el comité de Ética de la Universidad de Zaragoza.

Todos los sujetos pasaron revisión médica además de realización de una analítica sanguínea básica, espirometría, electrocardiograma (ECG) y un análisis de composición corporal (por DXA). Posteriormente realizaron un Test de ejercicio físico de incremento máximo ese mismo día.

Durante una semana se realizó la aplicación de un Test de ejercicio estacionario graduado ('Steady-State graded exercise Test') a cada uno de los participantes.

El entrenamiento y las condiciones nutricionales durante las cuales los atletas realizaron los Tests fueron controlados programando un descanso de 48 horas antes de cada Test y con una dieta rica en carbohidratos (80%) durante los tres días previos al día de realización de la prueba.

Criterios de inclusión

ECG, analíticas sanguíneas y espirometrías normales.

Pruebas de laboratorio

Para la realización de los test de esfuerzo físico se utilizó un Cicloergometro (Cardiolin®).

Inicialmente (en la etapa de selección) se realizó un test de incremento máximo, previo calentamiento de 10 minutos a 100W; el test inicio a 130W y la intensidad fue incrementada 30W cada 3 minutos hasta que el atleta quedase exhausto.

Para la realización del Test de ejercicio estacionario graduado ('Steady-State graded exercise Test') se usó el mismo cicloergometro para ello después de un calentamiento previo de 10 minutos a 2.0 Wkg^{-1} , el test inicio a 2.5 Wkg^{-1} y la carga se fue incrementando en etapas de 0.5 Wkg^{-1} cada 10 minutos hasta que el atleta quede exhausto. Para este Test cada sujeto bebió 4 mL kg^{-1} de agua dos horas antes del ejercicio para estar bien hidratado antes del inicio del mismo. Adicionalmente cada sujeto bebió 0.8 L h^{-1} de agua *ad libitum* para permanecer bien hidratado.

Se tomaron también dos muestras de orina una pre y otra post ejercicio para valorar el grado de hidratación en términos de densidad urinaria específica (U_{SG})

Extracción de plasma sanguíneo

Para la toma de muestras sanguíneas se cateterizo la vena cefálica. Cada extracción (de 6ml) fue tratada para obtener suero sanguíneo para la posterior determinación de niveles séricos de Zn, Co, Se, y Mn así como de algunas hormonas sanguíneas (Insulina, Glucagón, TSH, Calcitonina, Cortisol, PTH y Aldosterona)

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa informático SPSS. El Análisis de la Varianza (ANOVA) para datos repetidos fue usado para comparar los niveles séricos de elementos traza y hormonas. Se utilizó también el Coeficiente de correlación de Pearson (r) para determinar si existía alguna correlación entre los

niveles de oligoelementos y hormonas. El nivel de significancia que se fijó fue de $p < 0.05$ para todos los tests.

IV. RESULTADOS

Durante la realización del Test de ejercicio estacionario graduado ('Steady-State graded exercise Test') los sujetos bebieron un promedio de 842 ± 197 ml de agua. No se hallaron diferencias significativas en el U_{SG} de antes y después del ejercicio (1.004 ± 0.004 vs. $1.014 \text{ gcm}^{-3} \pm 0.004$)

La **Tabla 1** muestra el perfil morfológico de los sujetos de estudio en el cual no se llega a destacar que toda la muestra está compuesta por sujetos masculinos.

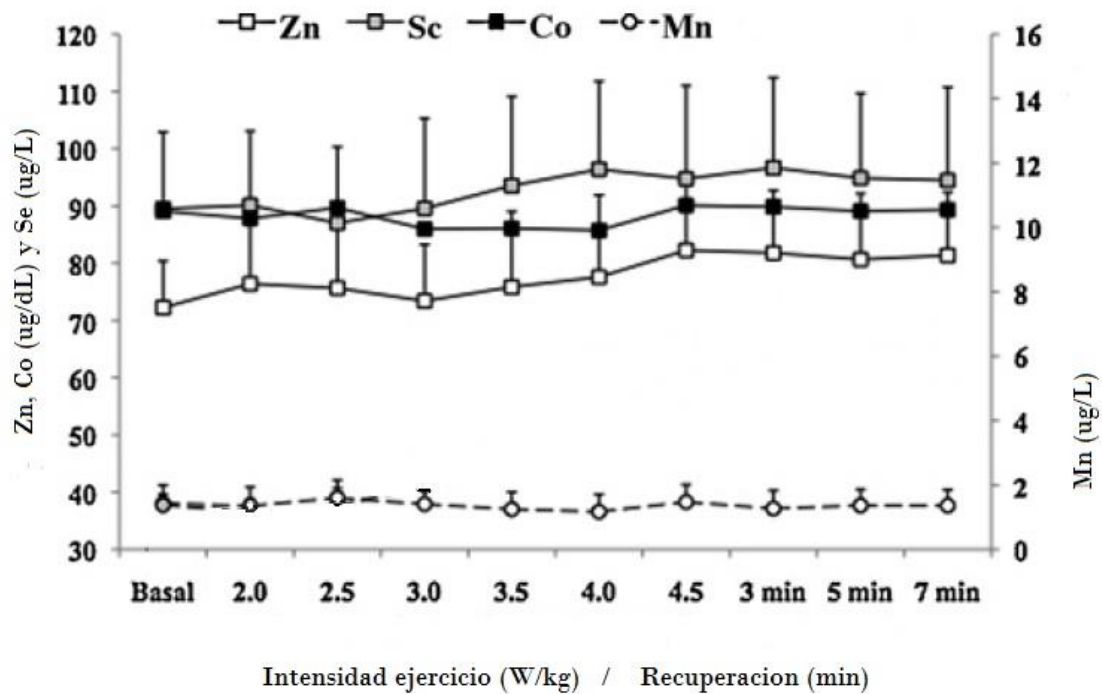
Tabla 1. Características de la muestra

Variable	Media± SD
Edad (años)	33,8 ± 6,7
Experiencia(años)	9,3±3,2
VO2max (mL Kg ⁻¹ min ⁻¹)	60,2±6,2
VO2max (L min ⁻¹)	4,1± 1,3
Peso (Kg)	74,7± 7,9
Talla (cm)	179± 5,2
BMI (kg m ⁻²)	23,3± 2,2
Grasa corporal (kg)	11,2± 6,4
Grasa corporal (%)	15± 7,3
Masa corporal magra (kg)	60,3± 4,6
Masa corporal magra (kg)	81,3± 7,0
BMC (kg)	3,2±0,3
BMC (%)	4,3±0,4
BMD (gcm ⁻²)	1,22±0,08

BMI: Índice de masa corporal; BMC: Contenido mineral oseo; BMD densidad mineral osea

La **figura.1** muestra los cambios séricos de los elementos traza para diferentes intensidades de ejercicio.

Figura.1 Distribución de Zn, Sc, Co y Mn a diferentes intensidades de ejercicio



Tras realizar el análisis estadístico para medidas repetidas en los niveles séricos de elementos traza se determinó que no hubo cambios significativos en los niveles séricos de Zn, Mn, Se y Co (en todos los casos $p > 0.05$).

En las **figuras 2, 3, 4 y 5** se visualizan la TSH, glucagón, cortisol y PTH cuyos incrementos tras diferentes niveles de ejercicio son estadísticamente significativos. No se determinaron cambios significativos para Aldosterona y Calcitonina.

Figura. 2 4 Distribución de TSH a diferentes intensidades de ejercicio

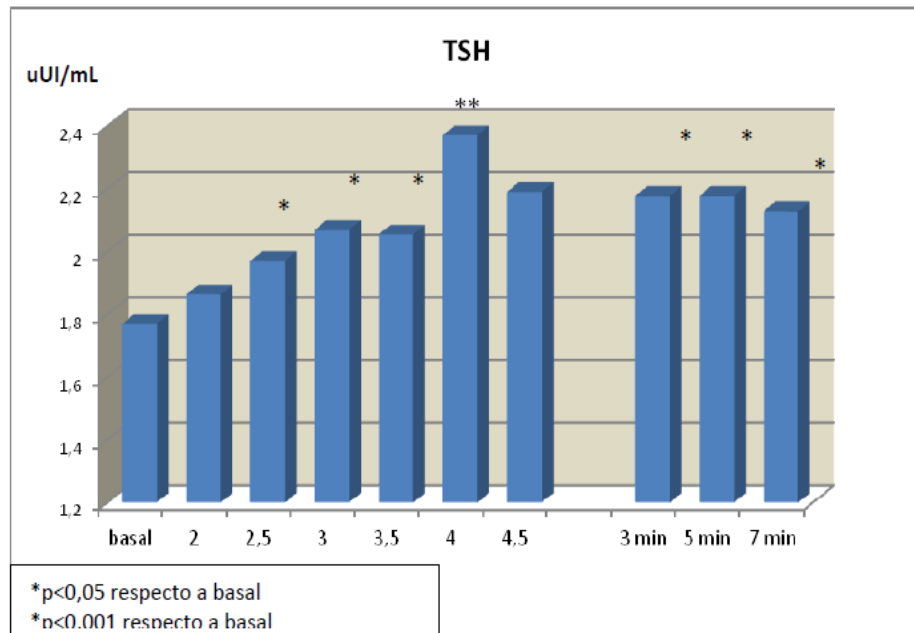


Figura. 34 Distribución de glucagón a diferentes intensidades de ejercicio

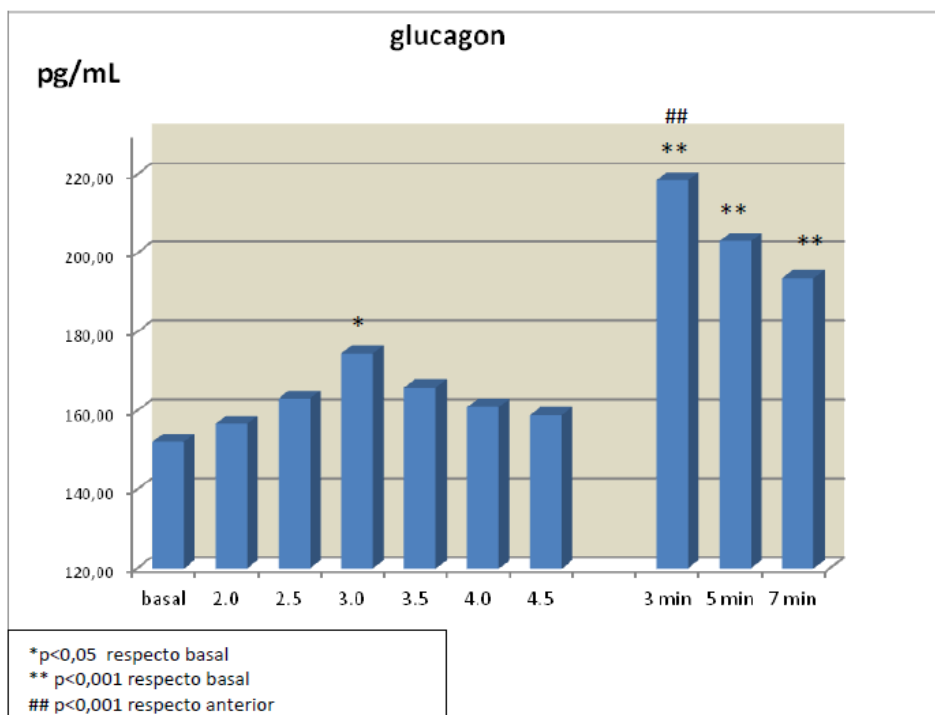


Figura.4 Distribución de cortisol a diferentes intensidades de ejercicio

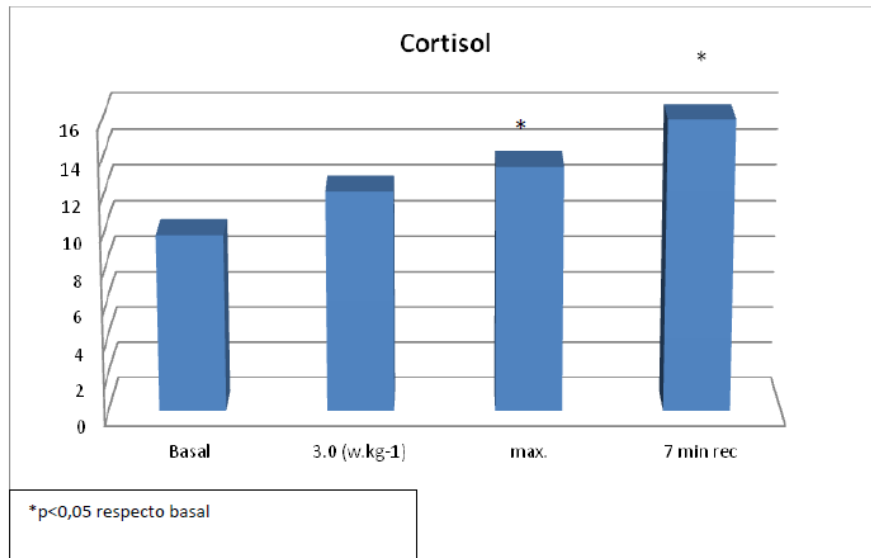
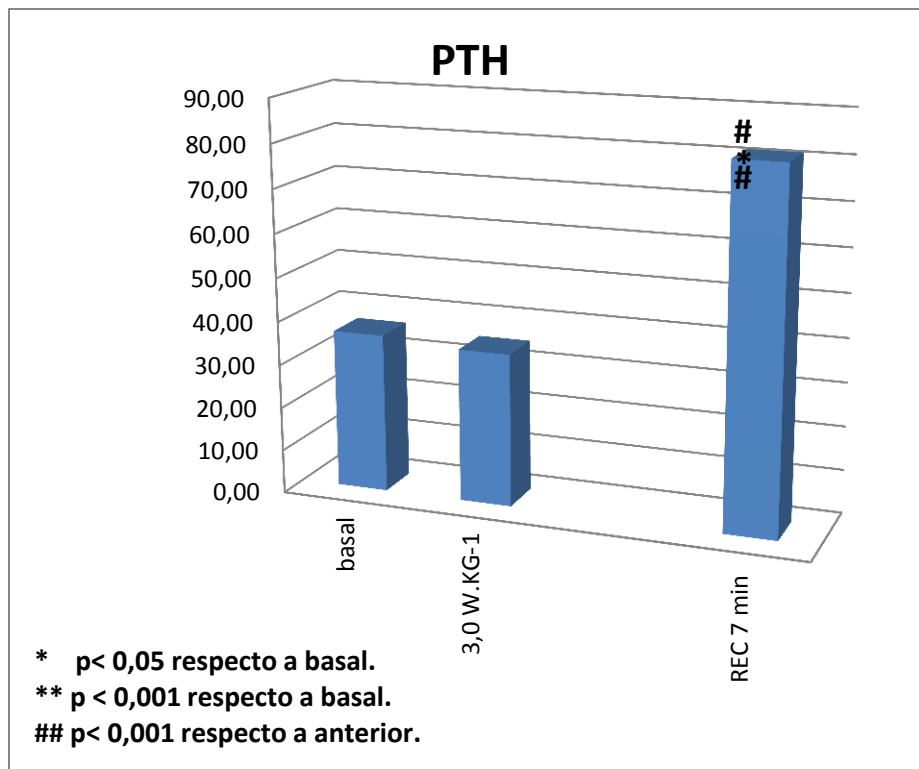
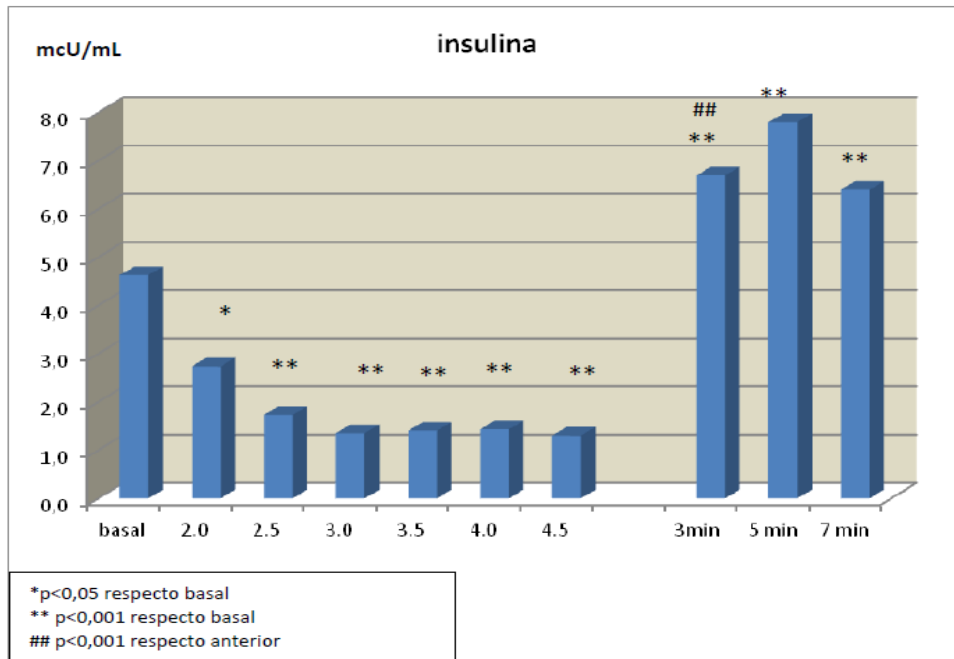


Figura.5 Distribución de PTH a diferentes intensidades de ejercicio



En la **figura.6** se ha estimado la disminución de los valores séricos de insulina durante el ejercicio como estadísticamente significativas.

Figura.6 Distribución de Insulina a diferentes intensidades de ejercicio



En La **Tabla 4** se pretende buscar alguna correlación (r de Pearson) entre los elementos traza y las hormonas, pero todos resultados no estadísticamente significativos, por lo que se dice que no existe correlación entre estas dos variables

Tabla 4. Correlación de Elementos traza y Hormonas

		PTH	Calcitonina	Insulina	Glucagon	Cortisol	Aldosterona	TSH
Zn (ug/dL)	r	0,987	0,791	0,357	0,519	0,504	0,916	0,587
	p	(0,103)	0,419	0,312	0,124	0,664	0,262	0,074
Co (ug/dl)	r	0,422	-0,374	0,458	0,256	-0,695	-0,137	-0,244
	p	(0,723)	(0,756)	0,183	0,475	0,511	0,912	0,496
Se (ug/L)	r	0,358	-0,438	0,510	0,325	-0,743	-0,206	-0,244
	p	0,767	0,712	0,132	0,360	0,467	0,868	0,497
Mn (ug/L)	r	-0,037	-0,755	0,252	0,026	-0,946	-0,573	-0,320
	p	0,976	0,455	0,482	0,943	0,210	0,611	0,367

V. DISCUSIÓN

En nuestro estudio no se encontraron variaciones significativas de los elementos traza durante diferentes intensidades de ejercicio físico, estos hallazgos se equiparan a otros obtenidos en estudios similares^{15,16,17}.

Los cambios en los niveles séricos de hormonas eran los que se esperaban como respuesta fisiológica a un estrés agudo en este caso el ejercicio¹⁸.

Como era de proveerse al no haber cambios significativos en los elementos traza, no tendría por qué haber alguna correlación con los cambios en los niveles hormonales, que se ratificó al realizar el índice de correlación de Pearson en donde todas sus posibles correlaciones fueron estadísticamente no significativas.

Nuestra muestra careció de sujetos de sexo femenino como otra variable posible de ser tomado en cuenta para modificar los resultados obtenidos.

VI. CONCLUSIONES

En atletas de elite bien entrenados no se encontraron efectos sobre los niveles séricos de Zn, Se, Mn y Co durante la duración de las diferente etapas de intensidad de ejercicio físico o durante los periodos de recuperación.

Por otro lado si se encontraron cambios estadísticamente significativos en el incremento de TSH, glucagón, PTH y cortisol durante el ejercicio. La insulina sufrió una disminución significativa en sus niveles y no hubo cambios significativos con Aldosterona y Calcitonina.

VII. BIBLIOGRAFIA

-
- ¹ Escanero JF, Villanueva J, Sabino E y Gandarias JM. Deporte y... Elementos traza. Zaragoza: Egido Editorial, 2001.
- ² González-Haro C, Soria M, López-Colón JL, Llorente M T, Escanero J. Plasma trace elements levels are not altered by submaximal exercise intensities in well-trained endurance euhydrated athletes. *J Trace Elem Med Biol.* 2011; 25, Supp 1, S54–S58
- ³ Speich M, Pineau A, Ballereau F. Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clin Chim Acta.* 2001; 312, 1–11.
- ⁴ Maughan R J. Role of micronutrients in sport and physical activity. *B Med Bull.* 1999; 55 (3), 683-690.
- ⁵ König D, Keul J, Northoff H, Halle M, Berg A. Effect of 6-week nutritional intervention with enzymatic yeast cell and antioxidants on exercise stress and antioxidant status. *Wien Med Wochenshr.* 1999; 149,13-18
- ⁶ Karlsson J, Diamant R, Saltin B. Lactate dehydrogenase activity in muscle after prolonged severe exercise in man. *J Appl Physiol* 1968;25:88–91.
- ⁷ Savas S, Senel O, Okan I, Aksu ML. Effect of acute maximal aerobic exercise upon the trace element levels in blood. *Neuro Endocrinol Lett* 2007;28:675–80.
- ⁸ Dressendorfer RA, Sockolov R. Hypozincemia in runners. *Phys Sportsmed* 1980;8:97–100.
- ⁹ Margaritis I, Tessier F, Prou E, Marconnet P, Marini J-F. Effects of endurance training on skeletal muscle oxidative capacities with selenium supplementation. *J Trace Elem Med Biol.* 1997; 11,37-43.
- ¹⁰ Pincemail J, Lecomte J, Castiau J et al. Evaluation of autoantibodies against oxidized LDL and antioxidant status in top soccer and basketball players after 4 months of competition. *Free Radical Biol Med.* 2000; 28, 559-65.
- ¹¹ Lippi G, Franchini M, Guidi GC. Cobalt chloride in athletes: a new perspective in blood doping?. *Br J Sports Med.* 2005; 38,872-873.
- ¹² Escanero JF, Carre M, Miravet L. Effets des différents métabolites de la vit. D3 et

de la concentración calcíca sur l'absorption intestinale de strontium. C R Soc Biol. 1976; 170, 47-53.

¹³ Córdova A, Soteras F, del Villar V, Elósegui, LM, Escanero JF. Efecto de la tiroparatiroidectomía, la parathormona y la calcitonina sobre el estroncio plasmático en rata. Rev Esp Fisiol, 46(2), 159-46,1990

¹⁴ Chausmer AB, Srevens MD, Zears R. Influence of parathyroid hormone and calcitonin on tissue zinc homeostasis in the rat. Metabolism.1980; 29, 617-623.

¹⁵ Marrella M, Guerrini F, Solero PL, Tregnaghi PL, Schena F, Velo GP, et al. Blood copper and zinc changes in runners after a marathon. J Trace Elem Electrolytes Health Dis 1993;7:248–50.

¹⁶ Buchman AL, Keen C, Comisso J, Killip D, Ou CN, Rognerud CL, et al. The effect of a marathon run on plasma and urine mineral and metal concentrations. J Am Coll Nutr 1998;17:124–7.

¹⁷ Rokitzki L, Logemann E, Keul J. Selenium metabolism and glutathione peroxidase activity of endurance athletes in rest and under exertion. Schweiz Z Sportmed 1993;41:21–7.

¹⁸ Hall & Guyton. Tratado de fisiología Médica. 12º edición. Madrid: Elsevier España. 2011