RESUMEN

ANTONIO HUMBERTO BRACHO HUEMOELLER.

Fecha de graduación: MAYO 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN.

FACULTAD DE MEDICINA.

Titulo del Estudio: ALTERACIONES ORGÁNICAS EN UN ESFUERZO FÍSICO MÁXIMO A DIFERENTES GRADOS DE TEMPERATURA 0°C, 25°C Y 40°C.

Número de páginas: 67

CANDIDATO PARA EL GRADO DE DOCTOR EN MEDICINA.

Area de estudio: Medicina del Deporte y Rehabilitación.

Propósito y Método del Estudio: La actividad física incrementa el metabolismo, siendo éste modificado por el medio ambiente en que se ejecuta, jugando un papel importante el conocimiento de la influencia de la temperatura sobre la capacidad física y su relación con el metabólismo en los deportistas, ya que de ello dependerá su buena ejecución. Hoy en día se conoce la bioquímica de estos procesos metabólicos, más sin embargo quedan varias dudas a resolver, como es: que cambios se observan en un ejercicio aeróbico con una duración e intensidad determinada a temperaturas extremas, planteamientos que se contestan en este estudio, cubriendo el objetivo de determinar las modificaciones metabólicas que se presentan durante una prueba de esfuerzo aeróbico a temperaturas extremas (0°C,25°C,40°C) y considerar su efecto en la capacidad física. Se realizó el estudio con 14 sujetos masculinos de 17-27 años de edad, que practican todos ellos deporte estudiantil, realizándoseles una prueba aeróbica en banda ergométrica con el protocolo de Kindermann y utilizando el diseño cross over, se les determino los niveles plásmaticos de GLUCOSA, CK, TGP, TGO, AC. ÚRICO, BH, HTO, VCG, HDL,COLESTEROL, LIPIDOS, HDL COLESTERO, LDL COLESTEROL, SODIO, POTASIO, CALCIO, ACIDO LÁCTICO. Todos estos estudios pre y pos ejercicio en la banda, así mismo se determino VO2 máx. y Capacidad Física.

Contribuciones y Conclusiones: En este estudio queda claro que en un esfuerzo de corta duración a temperaturas extremas, las modificaciones metabólicas en sangre; de la glucosa, TGP, ácido úrico y lípidos no influyeron en la máxima capacidad física obtenida ni en el consumo de oxígeno. El aporte de esta investigación abre la posibilidad de realizar varios trabajos de investigación en el área de la medicina deportiva, en relación con el deporte y sus cambios metabólicos, ya que dada la amplitud de este estudio nos permite observar una serie de modificaciones que se dan en los diferentes substratos, dependiendo estos cambios de las condiciones del ejercicio, sea a corta o larga duración, y el medio ambiente en que se realiza.

FIRMA DEL ASESOR_____

ANTECEDENTES

Para la ejecución del ejercicio se requiere de energía, (13) la cual se obtiene del proceso metabólico aeróbio o anaeróbio, en el que participan diversos substratos, como son: los carbohidratos, lípidos y proteínas, los cuales intervienen directamente en el proceso metabólico (25).

En la realización de un ejercicio, como sucede en el deporte, las características de la preparación funcional de los deportistas se basa, en mucho, en la peculiaridad cuantitativa y cualitativa de los procesos bioenergéticos, y de las vías de suministro energético para el trabajo de las diferentes actividades deportivas, estableciéndose la importancia de los factores energéticos para garantizar los logros deportivos en sus diversas modalidades.

En el estudio de las posibilidades energéticas de los deportistas, a menudo pasa a primer plano el análisis del consumo máximo de oxígeno (VO2) y su papel en el rendimiento físico.

El consumo máximo de oxígeno y los factores que lo determinan son los exponentes mejor estudiados de las posibilidades funcionales de los deportistas. El VO2 máximo refleja integralmente la potencia aeróbica del organismo. Los investigadores (49) consideran que el consumo máximo de oxígeno es el reflejo universal de las posibilidades funcionales del organismo humano, por cuanto que su magnitud se correlaciona en forma directa no sólo con la resistencia a las cargas físicas, sino también con otras situaciones extremas que requieren significativa tensión de los mecanismos homeostáticos: como pueden ser, la hipoxia, hipertermia, hipotermia, etc (49).

En términos generales, al ejecutar una actividad física se incrementa el proceso metabólico que aumenta el consumo de oxígeno para producir finalmente energía en forma de ATP, ésta

se utiliza para la realización de un trabajo físico y, como el ejercicio es finalmente un trabajo, requiere de energía para su ejecución, siendo por lo tanto la relación del consumo de oxígeno un factor que nos permite valorar la capacidad de trabajo físico (20, 41, 42). La capacidad de trabajo físico se encuentra disminuida al presentarse un decremento en la producción de ATP, así como del oxígeno disponible al nivel muscular. El medio caluroso (40°C) actúa como un factor más a favor del decremento del ATP y del oxígeno, que en un medio frío (0°C) en el que se observa un efecto inverso al producido por el calor (37,40,42,49,62).

En el proceso metabólico, los principales substratos que intervienen para la producción energética son los carbohidratos, cuyo catabolismo se incrementa más con una actividad física, siendo oscilantes los niveles sanguíneos de glucosa durante la actividad física activa que se realiza en un medio extremo de temperatura de 0°C y a 40°C (34,35,36). Al inicio de la actividad deportiva se utiliza más glucógeno muscular que durante el reposo, la utilización se incrementa todavía más en las condiciones de calor que de frío, y este proceso de utilización de glucógeno se mantiene elevado mientras se alcanzan los niveles de valores adecuados para la actividad celular, (13, 14, 16) proporcionándo la glucosa necesaria al proceso metabólico por medio de la glucogénesis (7,35,36).

Las lipoproteínas plasmáticas se incrementan en la actividad física, debido a que es estimulada la lipasa, enzima que interviene en el metabolismo de las lipoproteínas. El incremento de esta enzima da lugar a un aumento de la fracción de colesterol y la fracción de las lipoproteínas, las que se metabolizan hasta ácidos grasos, dependiendo esto de la intensidad y duración del ejercicio y de los requerimientos metabólicos (23, 58,30).

Cuando la actividad lo demanda, se inicia la oxidación de las grasas como substratos productores de energía que intervienen directamente en los procesos metabólicos favoreciendo la producción de ATP. Se ha demostrado que en un medio frío (0°C) se incrementa la

oxidación de las grasas lo cual no sucede en igual proporción en las condiciones de calor (25, 27, 31, 32, 49, 50).

El ejercicio también eleva el ácido úrico (63, 64,65) el cual se incrementa en mayor proporción en un medio frío (0°C) en comparación con un medio caluroso. El ácido úrico es producto de la degradación de los adenil-nucleótidos y del metabolismo del ATP, observándose su aumento en los estados hipóxicos y de acidosis (5, 6, 21, 24).

Si el ejercicio que se realiza es predominantemente de velocidad, más que de resistencia, el proceso predominante es el anaerobio, y por esta misma razón se incrementan los niveles de ácido láctico plasmático, siendo éste el metabólito final de la glucólisis en anaerobiosis (27, 44, 52, 53). De esta manera, con la determinación plasmática de lactato podemos valorar las condiciones físicas anaerobias de tipo lactácido, lo que nos permite determinar la capacidad física anaeróbica siendo estas condiciones metabólicas diferentes cuando se ejecuta un ejercicio aeróbico (8, 53, 54). Las enzima creatininfosfocinasa, deshidrogenasa láctica, transaminasa glutámico oxalacética y la transaminasa glutámico pirúvica, son enzimas que se incrementan en los estados hipóxicos tisulares al aumentar la demanda de oxígeno producto de la actividad fisiológica del músculo esquelético.

Cuando el ejercicio físico se ejecuta en un medio caluroso (40°C), el organismo humano mantiene la homeostasia, siendo regulado este proceso fisiológico por un centro controlador de la temperatura corporal que se encuentra localizado en el hipotálamo (4, 9, 14). Uno de los mecanismos que permiten el control de la temperatura es el flujo sanguíneo muscular, que durante la exposición al frío generalmente disminuye y durante la exposición al calor aumenta, lo que lo hace un sistema termorregulador de la temperatura corporal (1, 45, 46, 51, 57, 58). Otro factor es la sudoración que regula la temperatura corporal al incrementarse en un medio caluroso, efecto contrario al que sucede en el frío (38,42,45). La sudoración puede dar lugar a la

reducción en el volumen de sangre y plasma por pérdida de agua, efecto que es menor en condiciones frías a 0°C (28,29,48,61).

En condiciones de deshidratación mayor del 5% se produce decremento en los electrolitos sodio, potasio y calcio, siendo esto proporcional al grado de deshidratación, no presentándose modificaciones en ellos, cuando se encuentra hidratado (3, 10, 11, 17, 22, 43, 45, 47, 55, 59, 60).

En el humano, durante el ejercicio en un medio ambiente extremo (0°C y 40°C) con una humedad relativa alta (mayor de 40%), se presentan modificaciones metabólicas que afectan su capacidad de trabajo físico, incrementándolas o disminuyéndolas, dependiendo esto de la exposición ambiental y de las características del ejercicio que se realiza, (18, 19, 26, 36, 37, 47, 48)

En resumen, la actividad física incrementa el metabolismo, siendo éste modificado por el medio ambiente en que se ejecuta, según lo postulan diferentes autores, ya sea frío (0°C) o calor (40°C), por lo que juega un papel importante el conocimiento de cómo se modifica este proceso metabólico en temperaturas extremas, ya que va ha repercutir directamente en la capacidad física del individuo, lo que en el deportista es importante considerar, ya que de ello va a depender su buena ejecución en la realización del deporte que desempeña.

Sin embargo, los estudios realizados hasta la actualidad no incluyen una serie de interrogantes respecto a si el efecto de la temperatura extrema, con una duración, modo y tiempo del ejercicio, influyen directamente en el rendimiento físico, como consecuencia de alteraciones en los sistemas energéticos.

OBJETIVO GENERAL

Cuantificar las modificaciones metabólicas que se presentan durante una prueba de esfuerzo aeróbica en un medio ambiente a 0°C, 25°C y 40°C con una humedad promedio del 60%.

OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar los niveles plasmáticos de: ácido láctico, lipoproteínas de alta densidad, lipoproteínas de baja densidad, glucosa, triglicéridos, ácido úrico, sodio, potasio, lípidos y calcio, durante una prueba de esfuerzo aeróbica a diferentes temperaturas.

Determinar las variaciones metabólicas plasmáticas de las siguientes enzimas: transaminasa glutámica oxalacética, transaminasa glutámica pirúvica, deshidrogenasa láctica, creatinin-fosfocinasa, durante una prueba de esfuerzo aeróbica a diferentes temperaturas.

Determinar las modificaciones de: hemoglobina, hematocrito, velocidad de sedimentación globular y leucocitos, durante una prueba de esfuerzo aeróbica a diferentes temperaturas.

Determinar el consumo de oxígeno indirecto durante la prueba de esfuerzo aeróbica a diferentes temperaturas.

Determinar la capacidad física máxima durante la prueba de esfuerzo aeróbica, a diferentes grados de temperatura (0°C, 25°C y 40°C).

HIPÓTESIS

El ejercicio aeróbico realizado a temperatura ambiental extrema de 0°C, y 40°C produce cambios metabólicos que influyen en la modificación de la capacidad fisica del individuo.

HIPÓTESIS ALTERNA.

El ejercicio aeróbico realizado a temperatura ambiental extrema de 0°C y 40°C produce cambios metabólicos que NO influyen en la modificación de la capacidad fisica del individuo.

MÉTODO

El estudio se realizó con 14 sujetos masculinos de 17 a 27 años de edad, con un peso de 69.7 ± 15.7 Kg. con una talla de 172 ± 7.4 cm. y 18.9 ± 4.3 % de grasa corporal. Todos ellos dieron por escrito el consentimiento para ingresar al protocolo, una vez que se les explicó ampliamente el procedimiento de trabajo y riesgos del estudio. Todos ellos deportistas dentro de la categoría estudiantil con un entrenamiento mayor de tres meses y menor de seis meses, que forman parte del equipo de Futboll americano. Habiéndose realizado el estudio entre los meses de Octubre a Diciembre.

El estudio fue realizado con el apoyo del Departamento de Médicina del Deporte y Rehabilitación de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León, quien proporcionó el equipo que se utilizó en el estudio. Llevandose a cabo las pruebas en un cuarto de temperatura controlada, proporcionado por una empresa de refrigeración con niveles de 0°C, 25°C y 40°C con humedad relativa promedio de 60% y a una velocidad del aire de 0.2 mts/seg. En donde se realizaron las pruebas de esfuerzo fisico máximo de corta duración (promedio de 20 minutos) bajo las condiciones ambientales antes mencionadas.

Todos los sujetos que participaron en el estudio se presentaron con ropa deportiva: playera, pantalón corto y tenis, no ingiriendo alimento alguno durante 6 horas previas a cada una de las pruebas realizadas. Cada una de las pruebas que se les practicó a las temperaturas de 0°C, 25°C y 40°C se realizaron con una semana de diferencia entre una y otra ejecutandose todas en los mismos horarios.

El trabajo se realizó utilizando el diseño de cross over (12, 33, 39) el cual permitió comparar los sujetos en estudio con cada una de las pruebas realizadas.

Los 14 sujetos realizaron la prueba ergométrica en una banda (marca Tredex Universal) siguiendo el protocolo de Kindermann, el cuál se realizo en etapas de tres minutos progresivos en la velocidad, con pausas de 30 seg. entre cada una de las etapas, para toma de muestras, incrementandose la velocidad 2 km/hs , iniciando en 6 km/hs y terminando hasta el agotamiento físico. La banda se coloca con una inclinación fija de 5% durante toda la prueba.

Previamente al inicio de cada prueba, se práctico una medición antropométrica, consistente en medición de: talla, peso, porcentaje de grasa corporal (método de Womersly and Durning) .

Para la determinación de laboratorio de los sustratos de estudio, se extrajeron 10 cm cúbicos de sangre venosa de la vena basilar en cualquiera de ambos brazos, al inicio y al término de cada una de las pruebas estudiadas. Se puncionó el lóbulo de la oreja para obtener 20 microlitros de sangre capilar para la determinación de ácido láctico; el cual se midió a los siguientes tiempos: 15 segundos antes de la terminación de cada etapa de esfuerzo y al 1, 3, 5, 10 y 15 minutos posteriores al ejercicio practicado en cada una de pruebas realizadas.

Durante cada una de las etapas de la prueba de esfuerzo estudiadas, se registró electrocardiograma de donde se obtuvo la frecuencia cardiaca mediante electrocardiógrafo marca Burdick. (modelo Medic 4).

Se tomó la presión arterial al inicio y al final de las pruebas de esfuerzo ejecutadas, por medio de un esfingomanómetro, utilizando el método de Riva Rossi.

El VO2 máximo, se determinó en forma indirecta, utilizando la formula VO2 Rel = velocidad alcanzada en la banda X 3.656 – 3.99 y VO2 Max. = VO2 Rel. X Kg. (método de PUGH) (41).

DETERMINACION DE LABORATORIO.

Con la muestra de sangre venosa, se determinaron en el laboratorio los siguientes parámetros: lípidos, electrolitos, glucosa, transaminasa glutámica oxalácetica (TGO), transaminasa glutámica pirúvica (TGP), creatininfosfocinasa (CK), colesterol, deshidrogenasa láctica, triglicéridos, ácido úrico, hemoglobina, hematocrito, velocidad de sedimentación globular, leucocitos, sodio, potasio y calcio.

Las muestras se procesaron en un equipo de espectrofotómeto computarizado Eclipse (marca Vitalab Eclipse Merck 6001-365/380) con estuche de reactivos comerciales Merck (con las técnicas del manual Merck para cada uno de los parámetros). leídos con el método colorimétrico, qué en forma estándar tiene 8 filtros montados con las siguientes longitudes de onda: 340., 376, 405, 436, 505, 546, 578 y 620 nm que selecciona de acuerdo al programa de prueba en estudio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Cada uno de los datos del estudio fueron captados en una hoja de cálculo excel del paquete Microsoft Office, realizándose promedios, desviación estándar, porcentaje, tablas de frecuencia y gráficas. Se utilizó la prueba de t de Student y se realizó el análisis estadístico de los datos y aceptando como diferencia significativa $p < 0.05$.

ÉTICA DEL ESTUDIO.

Como la unidad de análisis es la muestra de sangre venosa y capilar, se solicitó carta de consentimiento informado donde se explicaron los objetivos del estudio, la conveniencia de participar y la ausencia de inconvenientes. Se aseguró el anonimato en los reportes científicos y se les informó en forma oportuna a cada paciente de los resultados de sus estudios, así mismo, se les proporcionó la información necesaria para su tratamiento. Se les aseguró que podían no aceptar ingresar al estudio o retirarse del mismo cuando lo considerarán conveniente, si se vieran afectados sus derechos personales.

DEFINICION OPERATIVA DE VARIABLES.-

PESO DEL SUJETO.- Es la relación de la masa por la gravedad dada por el sujeto de estudio, el cuál se mide en una báscula graduada en kilogramos y gramos, en que se da la cifra. Es una variable cuantitativa continua, de la que se estudió estadísticamente la media y desviación estándar.

TALLA DEL SUJETO.- Es la relación de la estatura, medida en centímetros por medio de un estadímetro graduado en centímetros. Es una variable cuantitativa continua, que se analizó estadísticamente la media y su desviación estándar.

PORCENTAJE DE GRASA CORPORAL.- Es la relación magra de grasa corporal con relación al peso del sujeto , medido por el método de pliegues cutáneos con plicómetro de acuerdo al método Womersly / Durning. Es una variable cuantitativa continua, que se da en porcentaje y se analizó estadisticamente la media y su desviación estándar.

GLUCOSA.- Es un monosacárido, se consideró la concentración de glucosa en sangre. Se determinó por el método de la ortotoludina utilizando los merckotest y leido por colorimetría. Esta es una variable cuantitativa de intervalo que se analizó estadisticamente con la media y la desviación estándar y t de Student entre los grupos de estudio a diferentes temperaturas.

TRIGLICÉRIDOS.- Son lípidos de depósito, constituidos por ácidos grasos diferentes, la concentración de triglicérido en el suero producto del metabolismo de las grasas. Se determinó por prueba colorimétrica utilizando merckotest. Es una variable cuantitativa por intervalo, analizándose estadísticamente su media, y prueba de t student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

COLESTEROL.- Lípido constituido por ácidos grasos de cadena larga esterificada, se presenta en el suero, los que se hidrolizan a colesterol libre y ácidos grasos por medio de una enzima. Se determinó según técnica de Liebermann-Burchard utilizando reactivo merckotest, leído por prueba colorimétrica. Es una variable cuantitativa, analizándose estadísticamente su media, desviación estándar y prueba de t de student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

HDL-COLESTEROL.- Es una lipoproteína de alta densidad que se encuentra en el suero. Se mide empleando equipo merckotest colesterol enzimático, leído por método colorimetrico a longitud de onda de 500-546 nm. Es una variable cuantitativa por intervalo; que se analizó estadísticamente su media, desviación estándar y prueba t de student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

LDL-COLESTEROL.- Es una lipoproteína de baja densidad que se encuentra en el suero. Se mide con equipo merckotest colesterol enzimático, leído por método colorimétrico a longitud de onda de 546 nm. Es una variable cuantitativa; que se analizó estadísticamente su media, desviación estándar y prueba t de student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

CREATININFOSFOCINASA (CK).-Enzima que transfiere fosfato al ADP, normalmente se encuentra en forma de tres isoenzimas, CK-MM, CK-MB, CK-BB. La CK-MM es la más abundante en el músculo esquelético, su incremento en plasma infiere daño tisular, hipoxia o incremento metabólico del tejido. El aumento es más pronunciado con actividades de soporte de peso por daño miofibrilar. Su medición regular es de particular importancia para atletas, un incremento arriba de 500 U/L es indicativo de alto esfuerzo muscular, es posible prevenir lesiones resultado de sobreentrenamiento. Se determinó

por merkotest leido por método colorimétrico. Es una variable cuantitativa; que se analizó estadísticamente su media, desviación estándar y t de student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

DESHIDROGENASA LÁCTICA (LDH). Enzima que cataliza hidrógeniones en la reacción piruvato lactato, su elevación en suero es indicativa de isquemia del tejido, hipoxia y/o incremento metabólico. se mide fotométricamente a longitud de onda 334, 340, 365 nm. Es una variable cuantitativa por intervalo. Se determinó estadísticamente su media, desviación estándar y prueba t de student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

TRANSAMINASA GLUTÁMICO OXALACÉTICA (TGO). – Enzima que cataliza el grupo amino en la reacción glutámico oxalacético, su liberación plasmatica se presenta cuando se incrementa el metabolismo del tejido muscular. Se determina por medio de reactivo merck, leídos con método fotocolorímetro a longitud de onda de 334,340 o 365 nm. Es una variable cuantitativa; su análisis estadístico se realizó con medición de la media, desviación estándar y la prueba t de student para cada grupo estudiado a diferentes temperaturas.

TRANSAMINASA GLUTÁMICO PIRÚVICA (TGP). - Enzima que cataliza el grupo amino en la reacción glutámico pirúvica, la que aumenta en el suero al incrementarse la via aeróbica, o el incremento metabólico dada por disminución de oxígeno (hipoxia tisular). Se midió por método colorímetrico con reactivo merck a longitud de onda 550 y 560 nm. Es una variable cuantitativa; se determinó estadísticamente la media, desviación estándar, la prueba de t de student para los diferentes grupos que se estudiaron.

LÍPIDOS.- Compuesto de ácidos grasos, la que se incrementa en el plasma como producto del metabolismo de las grasas. Se determinara por medio del método especrtofotómetrico a longitud de onda de 490 y 515 nm. Es una variable cuantitativa. Se le analizó estadísticamente la media, desviación estándar y la prueba t de student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

ÁCIDO ÚRICO.- Producto del catabolismo de los aminoácidos, su incremento en suero es útil en el diagnóstico de alteraciones en el metabolismo de las nucleoproteínas. Se utilizaron reactivos merck, leídos con fotocolorímetro a longitud de onda 505 nm. Es una variable cuantitativa. Se le analizó estadísticamente la media, desviación estándar y la prueba t de student entre los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

BIOMETRÏA HEMÁTICA.- El recuento de los glóbulos de la sangre es una medición fundamental en el laboratorio clínico. Se cuentan los glóbulos rojos, glóbulos blancos y las plaquetas. Variable cuantitativa, se le analizó estadísticamente la media, desviación estándar y la prueba t de student a los grupos estudiados.

ION SODIO, ION POTASIO, ION CALCIO EN SUERO.- Solutos ionicos del plasma, se realizó su medición utilizando espectrofotometro con reactivos merck, leídos 405-505 nm. Variable cuantitativa, se le analizó estadísticamente la media, desviación estándar y la prueba t student a cada grupo estudiado.

CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (VO2 máx.) Es el indicador individual más fiable de la potencia del sistema energético aeróbico.- VO2 máx es la tasa máxima a la cual se consume el oxígeno por minuto. Se determinó por medio indirecto a través de la prueba ergométrica en banda. Durante el análisis se determinó la capacidad física del individuo y a través de ésta se calculó el consumo de oxígeno.

El VO2 máx. se determinó indirectamente, utilizando la fórmula de Pugh VO2 máx.= velocidad x 3.656 – 3.99.

Variable cuantitativa; que se analizó estadísticamente su media, desviación estándar y prueba t de student para los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

MEDICIÓN ERGOMÉTRICA.- Es el estudio realizado por medio de una banda ergométrica integrándose en la misma un electrocardiógrafo y su monitor para la medición de la frecuencia cardiaca en forma continua y valoración monitorizada de la función cardiaca.

FRECUENCIA CARDIACA.- Se define como el número de latidos cardiacos por minuto, fisiológicamente se incrementa con el ejercicio.

Sé determino por medio del registro electrocardiográfico durante las pruebas ergométricas, analizando estadísticamente la media, desviación estándar y prueba t de student a cada uno de los grupos estudiados a diferentes temperaturas.

RESULTADOS.

La capacidad fisica máxima se determinó con la velocidad máxima alcanzada en la banda, calculando el consumo de oxígeno promedio (41) para cada uno de los grupos; siendo de 55 L/kg/min en el grupo que realizo el ejercicio a 0°C y fue de 56.5 L/kg/min el consumo de O2 al que realizó el ejercicio a 40° C, sin diferencias entre ellos.

La frecuencia cardiaca máxima aunque presentó un decremento del 5% a 0° C al compararse con el grupo que realizó la prueba a 40° C no fue significativa (Tabla no.1) y siendo la velocidad máxima alcanzada en los tres grupos, de 16.3-16.5 km/h con un tiempo promedio de 18 minutos (corta duración), en los tres grupos descritos.

PRUEBA	VEL.MAX. Km/h.	V02 máx L/min	V02 L/min/kg	FCM Latido/min
A 0° C	16.4	3951	55.0	188
	± 2.4	± 814	± 9.6	± 9.6
A 25° C	16.3	3894	55.6	196
	± 2	±497	±7.4	± 12.7
A 40° C	16.5	3770	56.5	195
	± 1.9	± 526	± 7.1	± 9.1

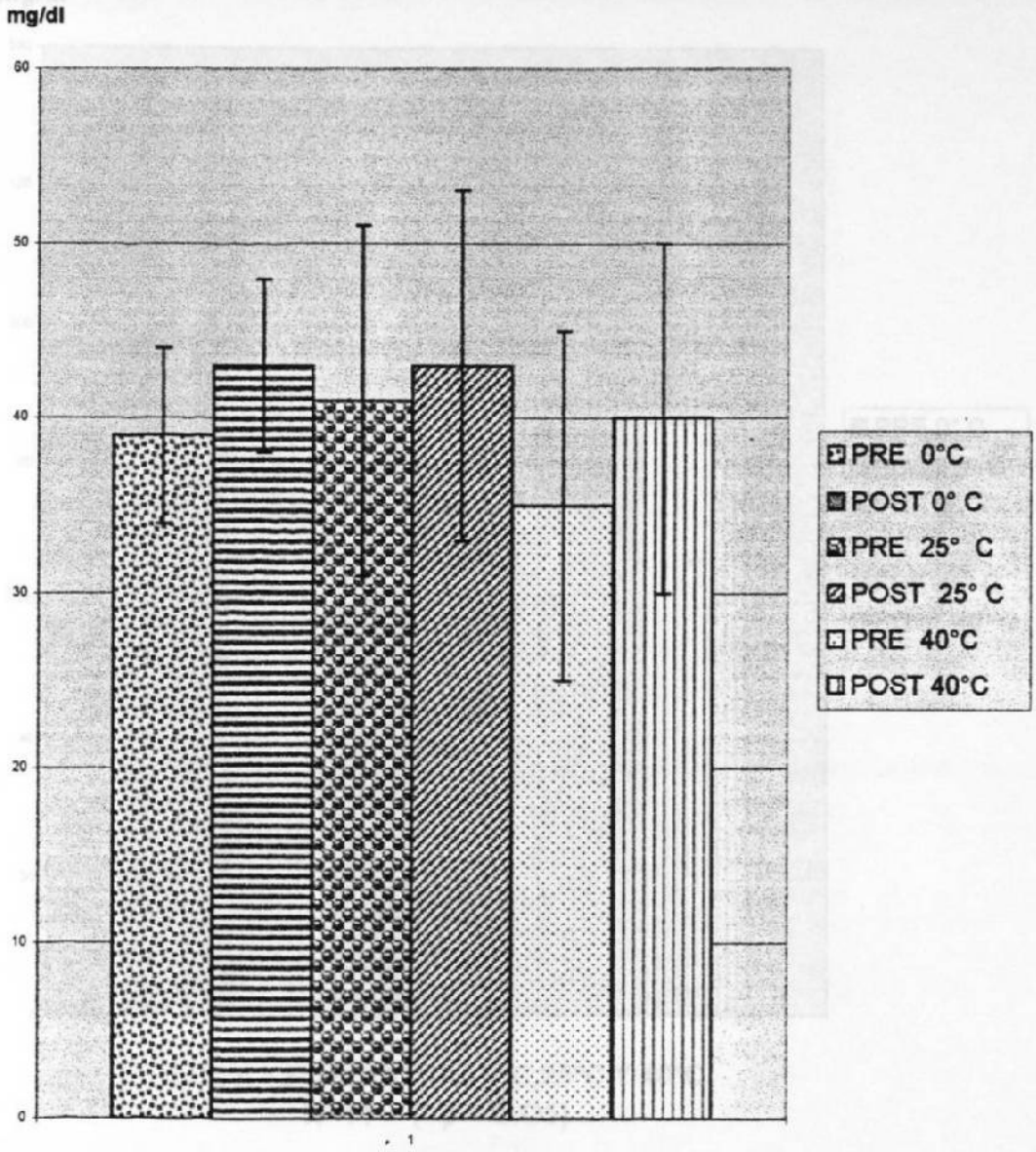
Tabla No. 1 Velocidad Máx., V02 y FC máxima a 0°C, 25°C y 40°C en una prueba de esfuerzo aeróbica a diferentes temperaturas. n=14

Se determinó el perfil de lípidos durante la actividad física a 0°C, 25°C y 40° C, observándose un incremento de lípidos en 577mg/dl en el grupo a 0°C postejercicio, con significancia estadístico, y no se observó significancia en el resto de las pruebas Colesterol HDL, Colesterol LDL, Trigliceridos y Colesterol (tabla No. 2, gráfica No. 1-5).

ESTUDIOS DE LABORATORIO	PRUEBA 0°C	PRUEBA 0°C	PRUEBA 25°C	PRUEBA 25°C	PRUEBA 40°C	PRUEBA 40°C
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
COLESTEROL	39	43	41	43	35	40
HDL mg/dl	±7	±10	± 9	± 9	± 9	±11
COLESTEROL	99	91	61	71	86	86
LDL mg/dl	±29	±29	±20	±24	±20	±20
TRIGLICERIDOS	123	130	142	135	85	112
mg/dl	±42	±52	±72	±64	±46	±63
LIPIDOS	491	577*	525	553	561	630
mg/dl	±79	±84	±94	±123	±112	±155
COLESTEROL	167	167	130	141	138	148
mg/dl	±24	±30	±20	±23	±18	±26

TABLA No. 2 Perfil de lípidos en una prueba de esfuerzo aeróbica a diferentes temperaturas. (*$p<0.05$)

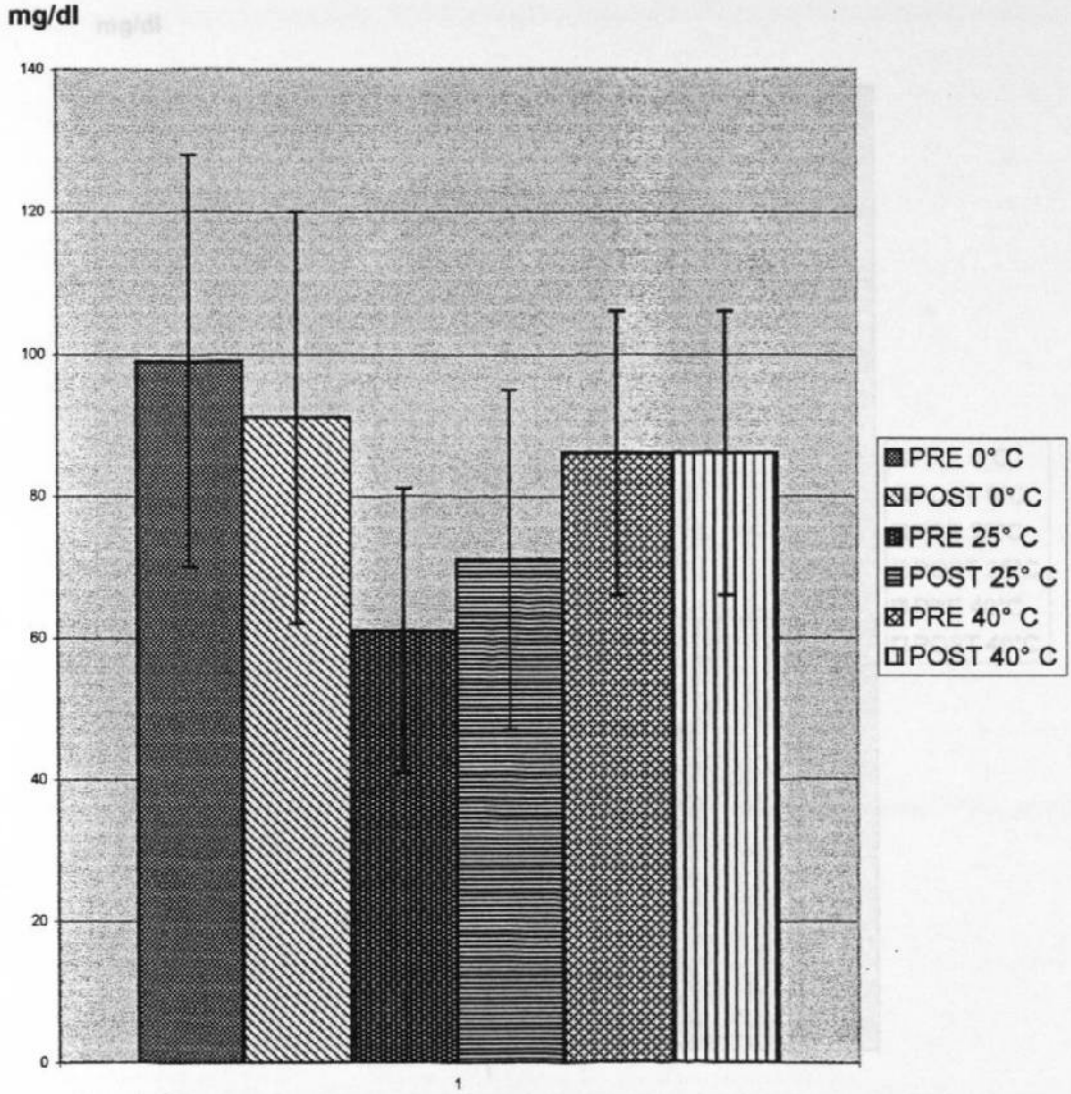
VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA



HDL A TEMPERATURA 0°C 25°C Y 40°C
N=14 (*P< 0.05)

GRÁFIICA # 1

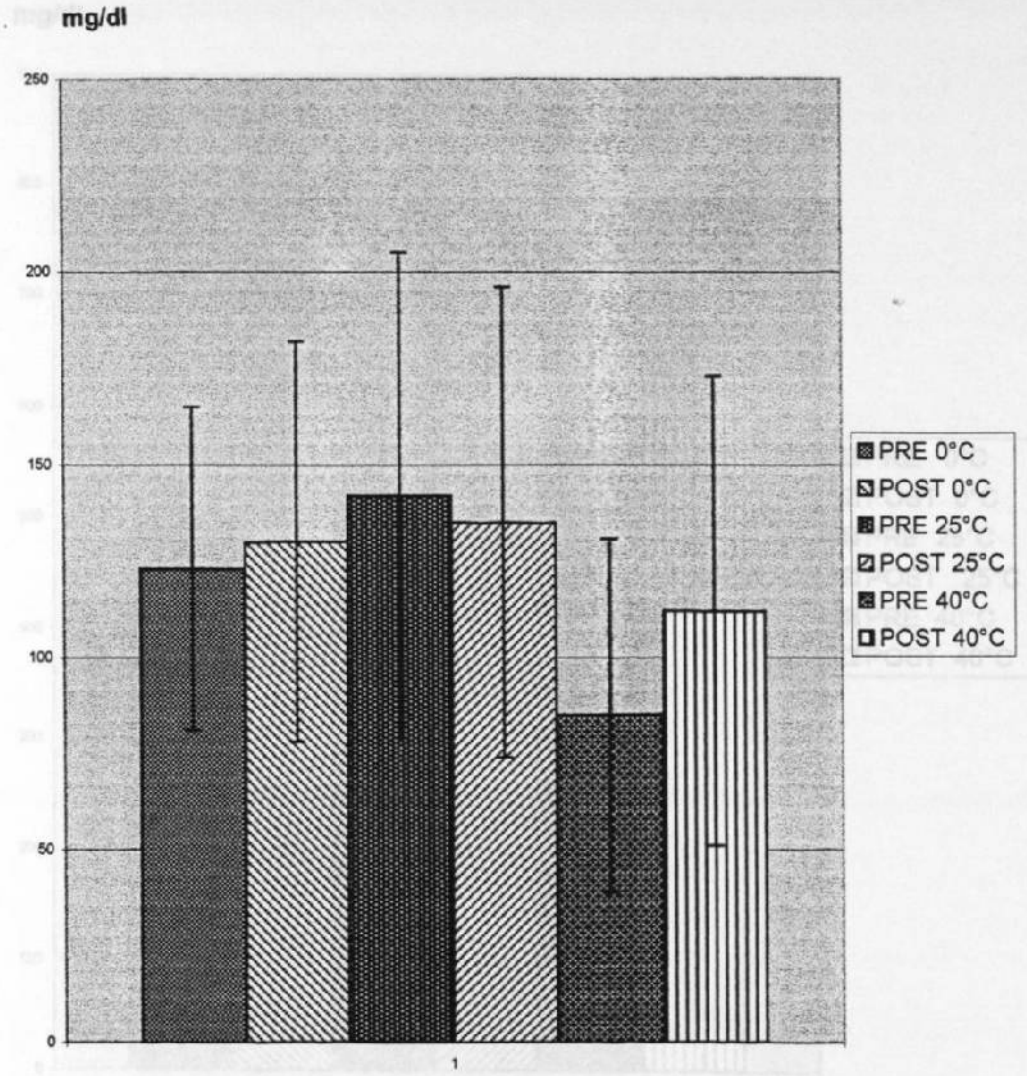
VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA



LDL A TEMPERATURA 0°C,25°C Y 40°C
N=14 (* p < O.O5)

GRÁFICA # 2

VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA

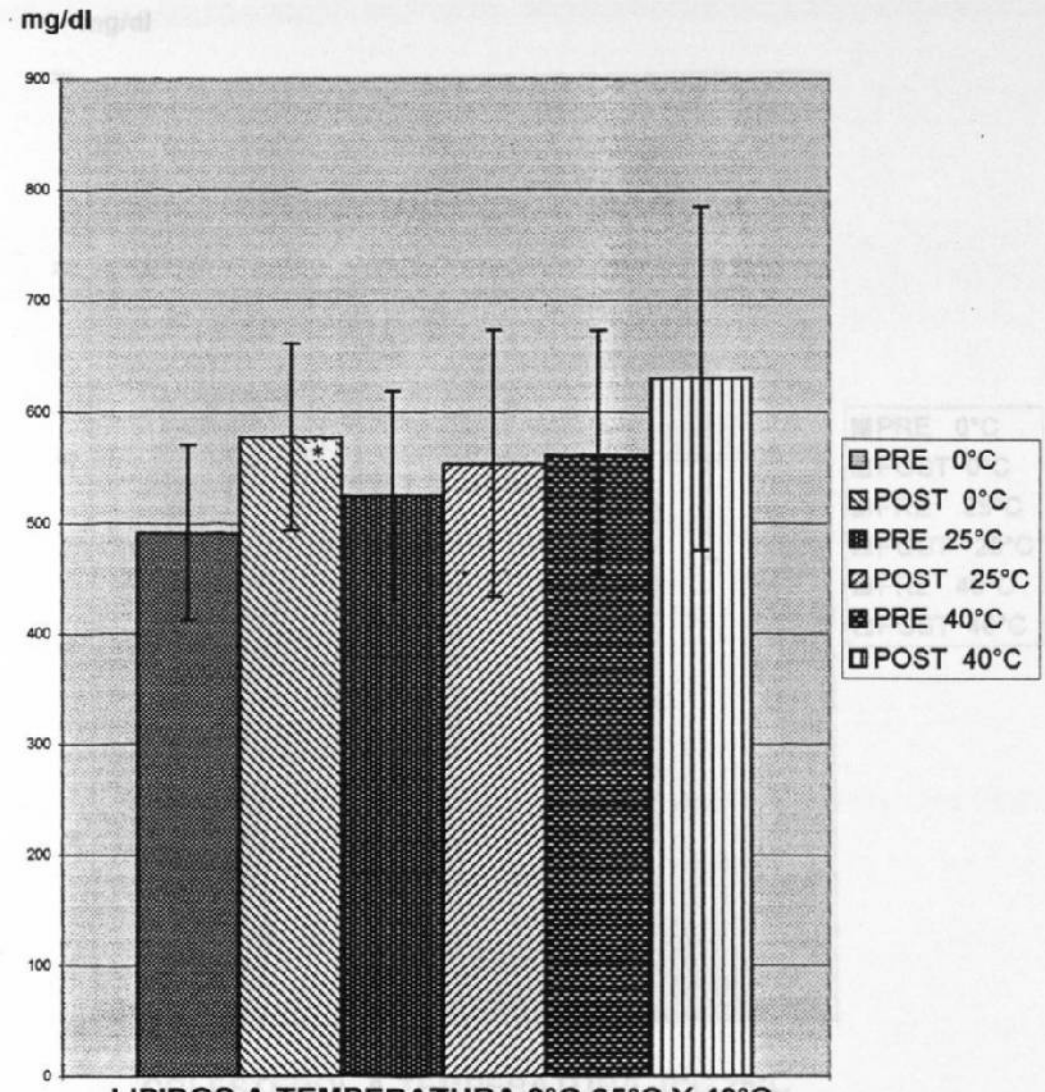


TRIGLICÉRIDOS A TEMPERATURA 0°C, 25°C Y 40°C N=14

(*p< 0.05)

GRÁFICA # 3

VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA

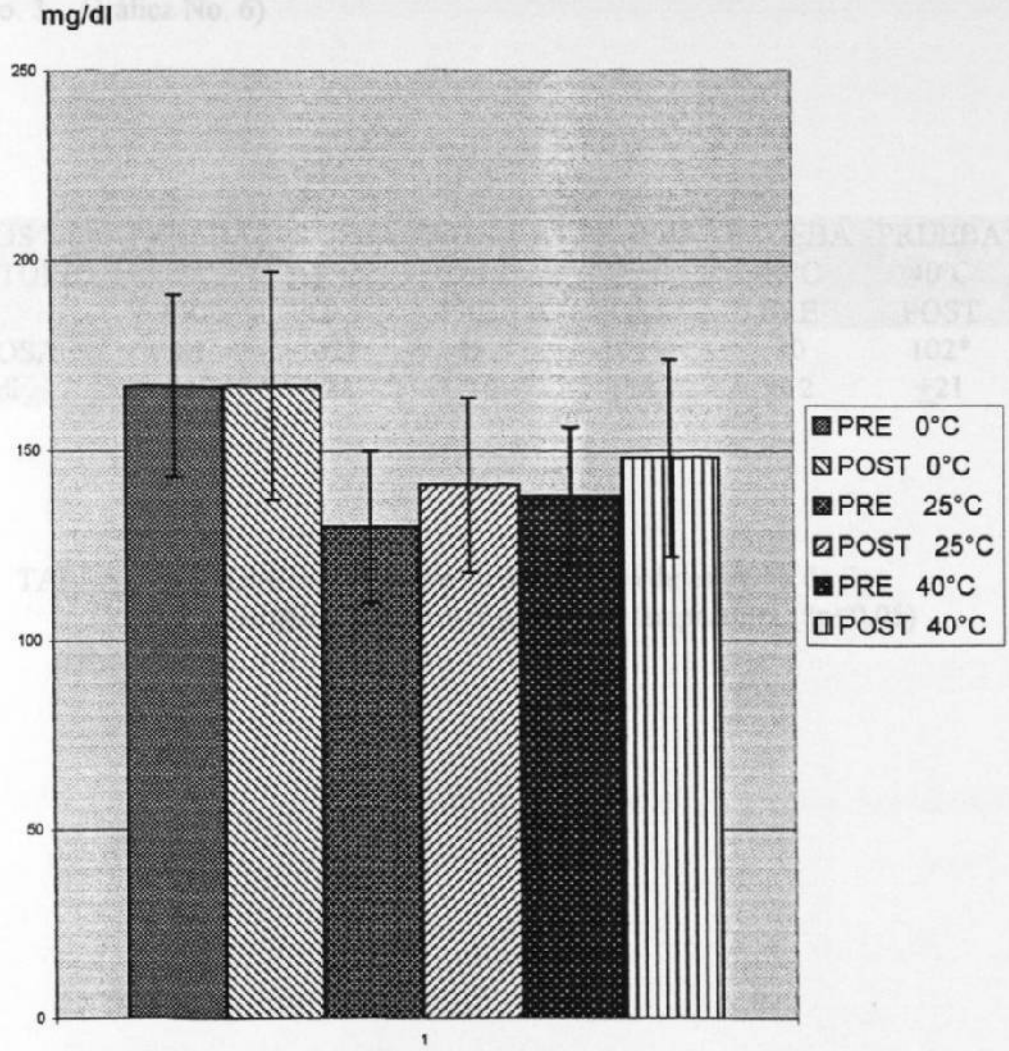


LIPIDOS A TEMPERATURA 0°C,25°C Y 40°C

N=14 (*p < 0.05)

GRÁFICA # 4

VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA



COLESTEROL A TEMPERATURA 0°C,25°C Y 40°C

N=14 (* p< 0.05)

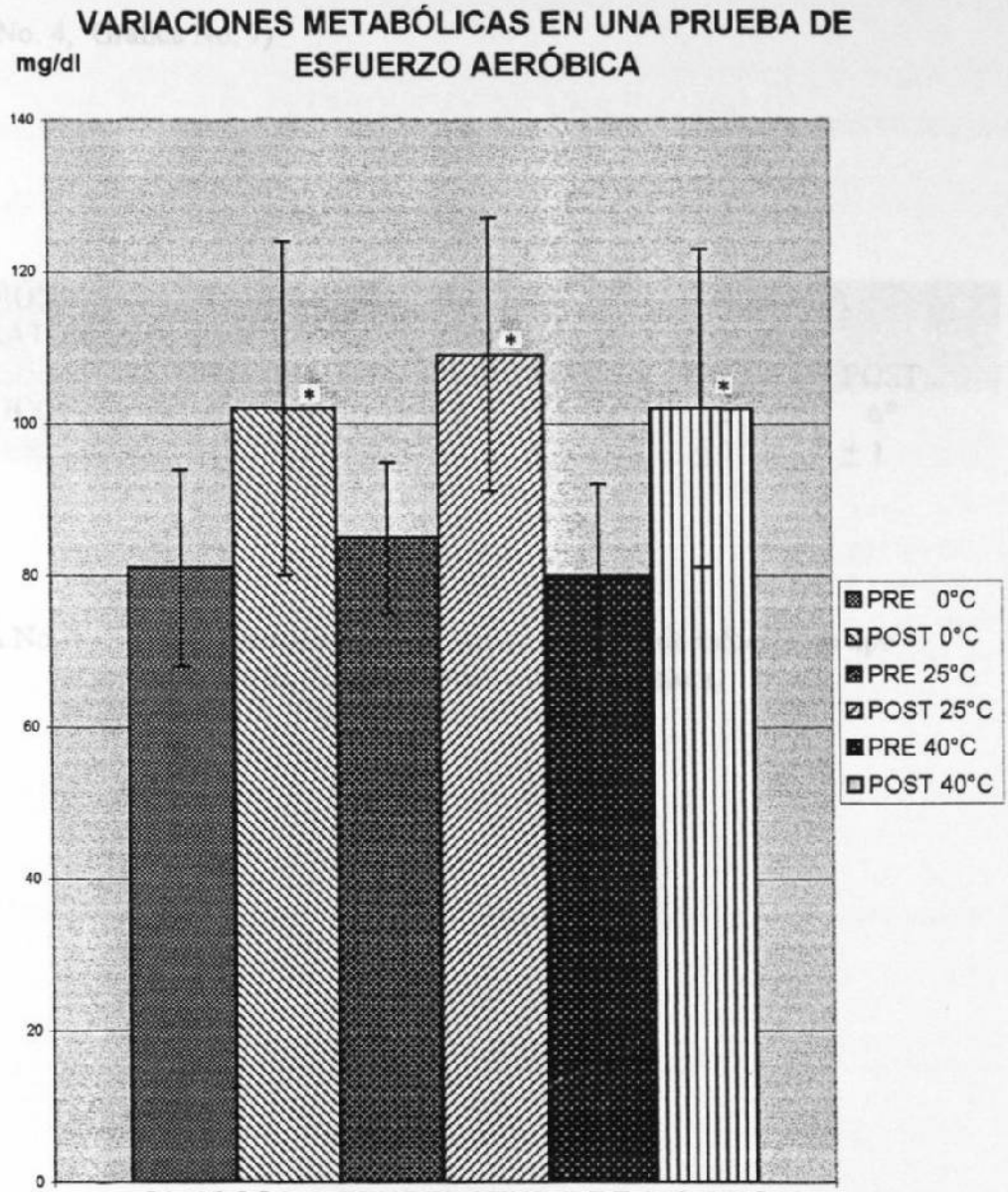
GRÁFICA # 5

La glucemia registrada postejercicio en cada una de las temperaturas realizadas se incremento significativamente ($p<0.05$) en cada uno de los grupos estudiados, variando la glucemia de un promedio 81 mg/dl en reposo a 104 mg/dl en el ejercicio.

(Tabla No. 3, Gráfica No. 6)

ESTUDIOS DE LABORATORIO	PRUEBA 0°C PRE	PRUEBA 0°C POST	PRUEBA 25°C PRE	PRUEBA 25°C POST	PRUEBA 40°C PRE	PRUEBA 40°C POST
GLUCOSA mg/dl	81 ±13	102* ±22	85 ± 10	109* ±18	80 ±12	102* ±21

TABLA No. 3 Glucosa en sangre en una prueba de esfuerzo de tipo aeróbica a diferentes grados de temperatura.(*$p<0.05$)



GLUCOSA A TEMPERATURA DE 0°C,25°C Y 40°C

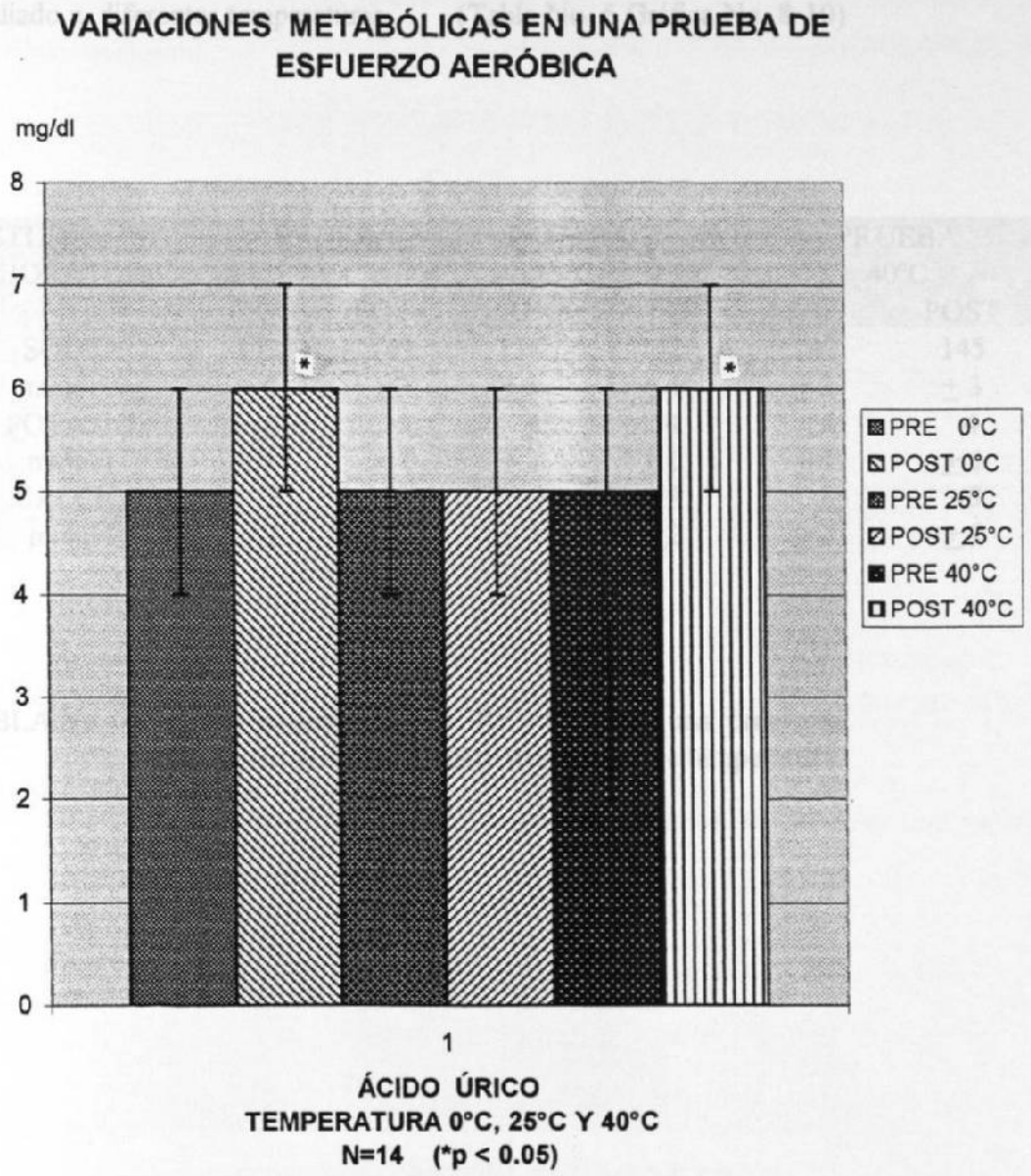
N=14 (* p< 0.05)

GRÁFICA # 6

Los niveles de ácido úrico antes del ejercicio fueron de 5 mg/dl y posterior al ejercicio de 6 mg/dl presentando un incremento significativo postejercicio a 0°C 40°C. (Tabla No. 4, Gráfica No. 7)

ESTUDIOS DE LABORATORIO	PRUEBA 0° C		PRUEBA 25° C		PRUEBA 40° C	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
AC. URICO mg/dl	5 ±1	6* ± 1	5 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	6* ± 1

TABLA No. 4 Determinación de ácido úrico en prueba de esfuerzo de tipo aeróbico en diferentes grados de temperatura.
N=14 (*$p < 0.05$)


VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA
mg/dl
8
7
6
5
4
3
2
1
0
*
*
PRE 0°C
POST 0°C
PRE 25°C
POST 25°C
PRE 40°C
POST 40°C
1
ÁCIDO ÚRICO
TEMPERATURA 0°C, 25°C Y 40°C
N=14 (*p < 0.05)

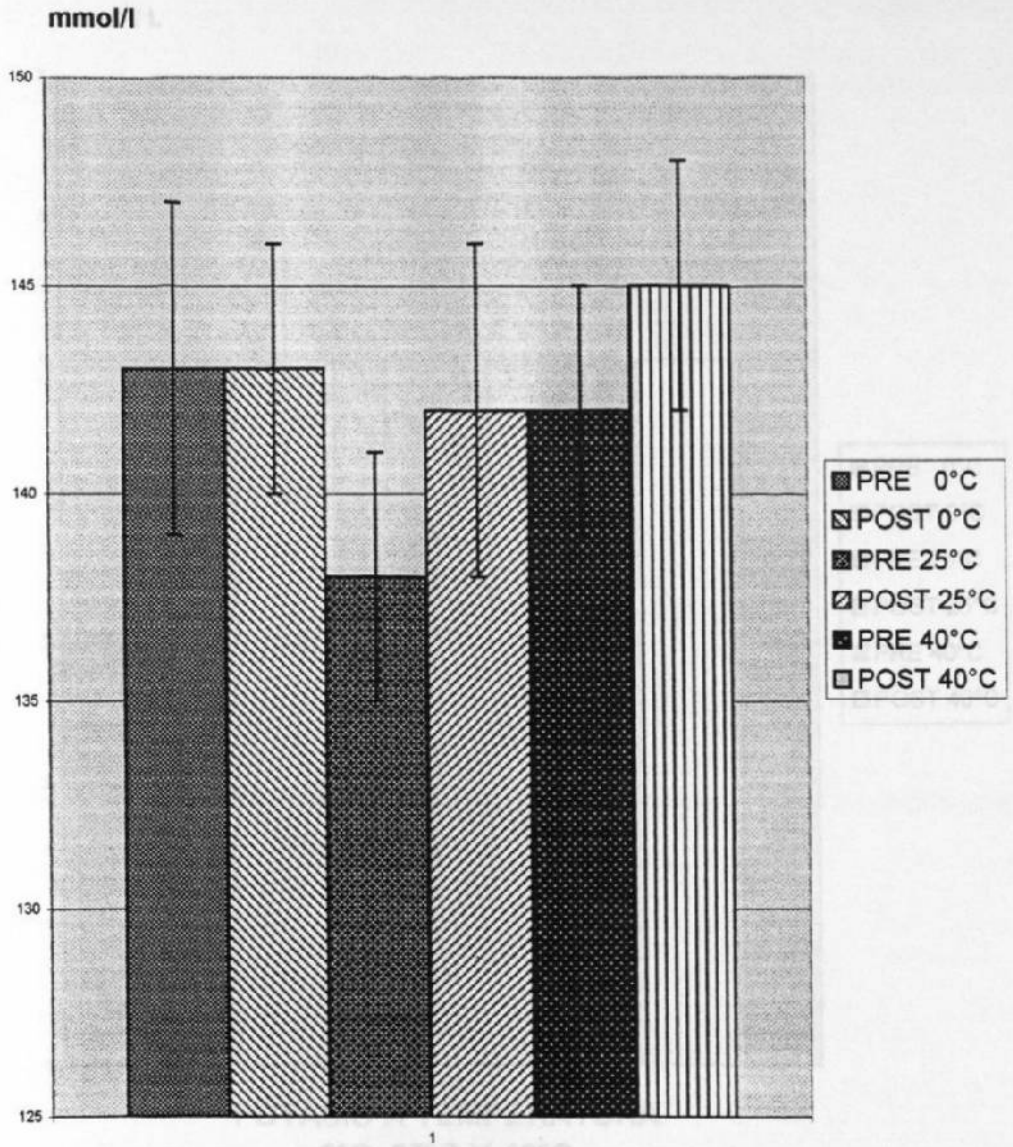
GRÁFICA # 7

En la determinación de los electrolitos estudiados de Ca++, Na+ y K+. Se presentó un incremento no significativo del Na+, Ca++, en el medio postejercicio en los tres grupos de temperaturas, no observándose modificaciones en el electrolito K+ estudiado a diferentes temperaturas. (Tabla No. 5 Gráfica No. 8-10)

ESTUDIOS DE LABORATORIO	PRUEBA 0º C		PRUEBA 25ºC		PRUEBA 40ºC	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
SODIO	142	143	138	142	142	145
mmol/l	± 4	± 3	± 3	± 4	± 3	± 3
POTASIO	5	5	4	4	4	4
mmol/l	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1
CALCIO	9	11	9	11	8	9
mmol/l	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2

TABLA No. 5 Determinación de Na+, K+ y Ca++ en una prueba de esfuerzo aeróbico a diferentes grados de temperatura. N=14 (*p< 0.05)

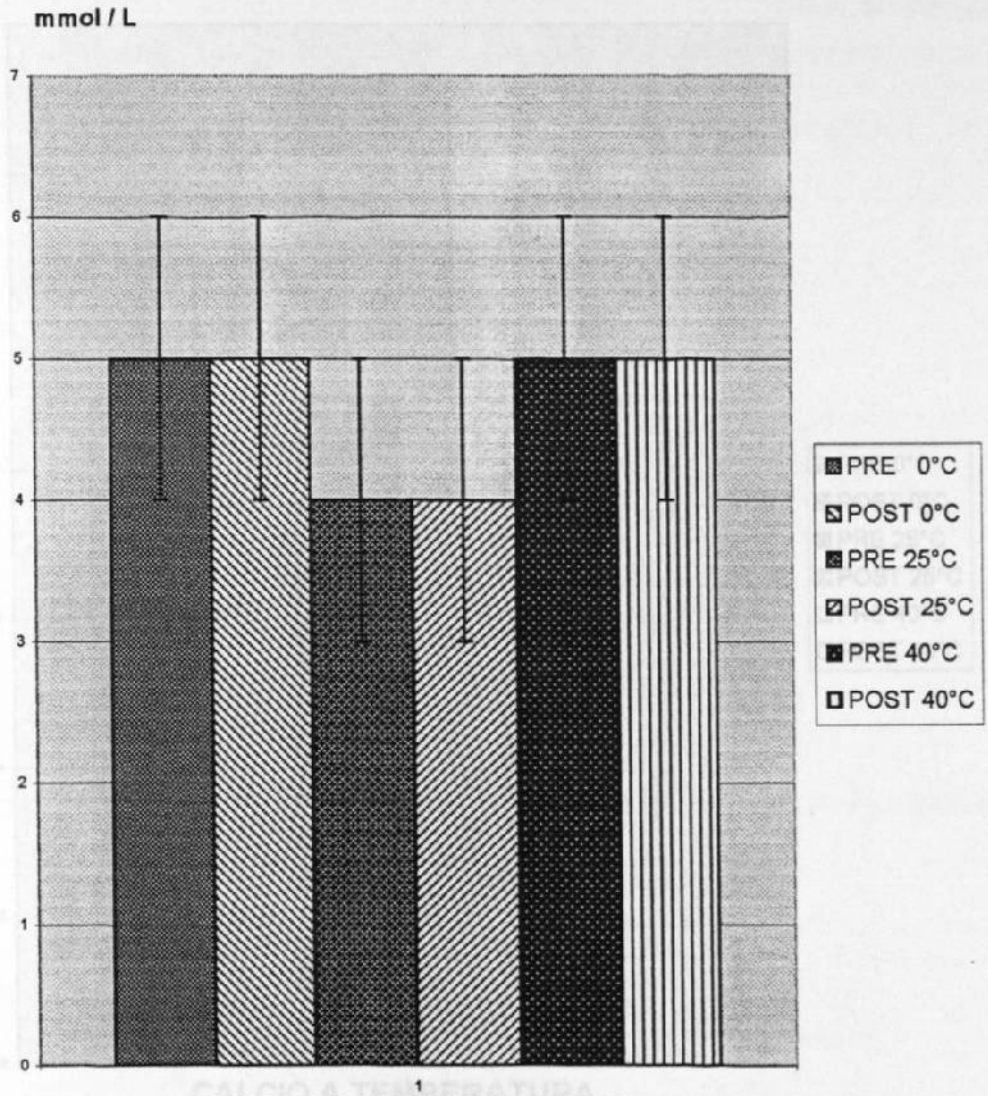
VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA



SODIO A TEMPERATURA 0°C, 25°C Y 40°C
N=14 (*p< 0.05)

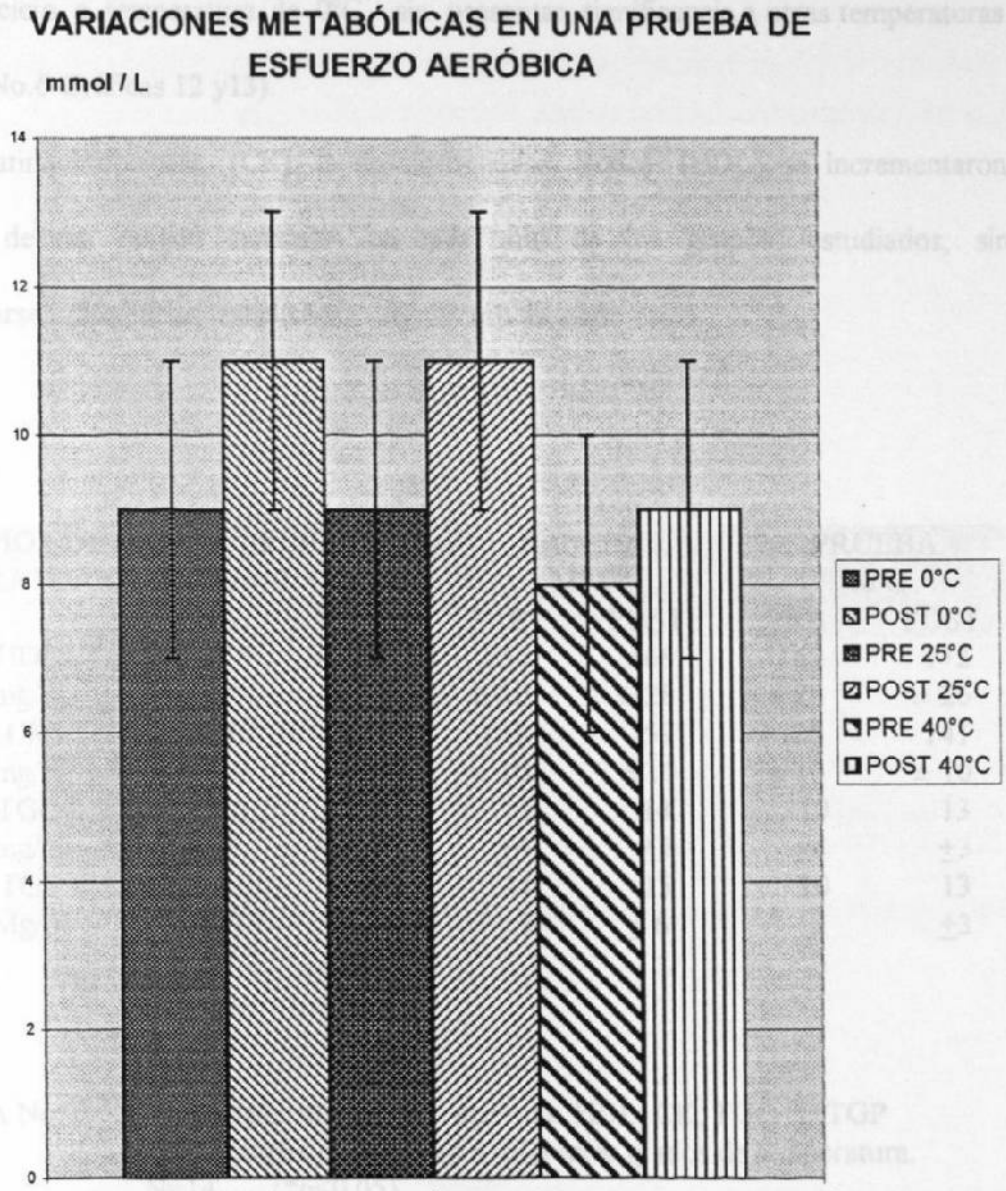
GRÁFICA # 8

VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA



POTASIO A TEMPERATURA
0°C, 25°C Y 40°C
N=14 (*p < 0.05)

GRÁFICA # 9


VARIACIONES METABÓLICAS EN UNA PRUEBA DE ESFUERZO AERÓBICA
mmol / L
14
12
10
8
6
4
2
0
PRE 0°C
POST 0°C
PRE 25°C
POST 25°C
PRE 40°C
POST 40°C
CALCIO A TEMPERATURA
0°C, 25°C Y 40°C
N=14 (*p < 0.05)

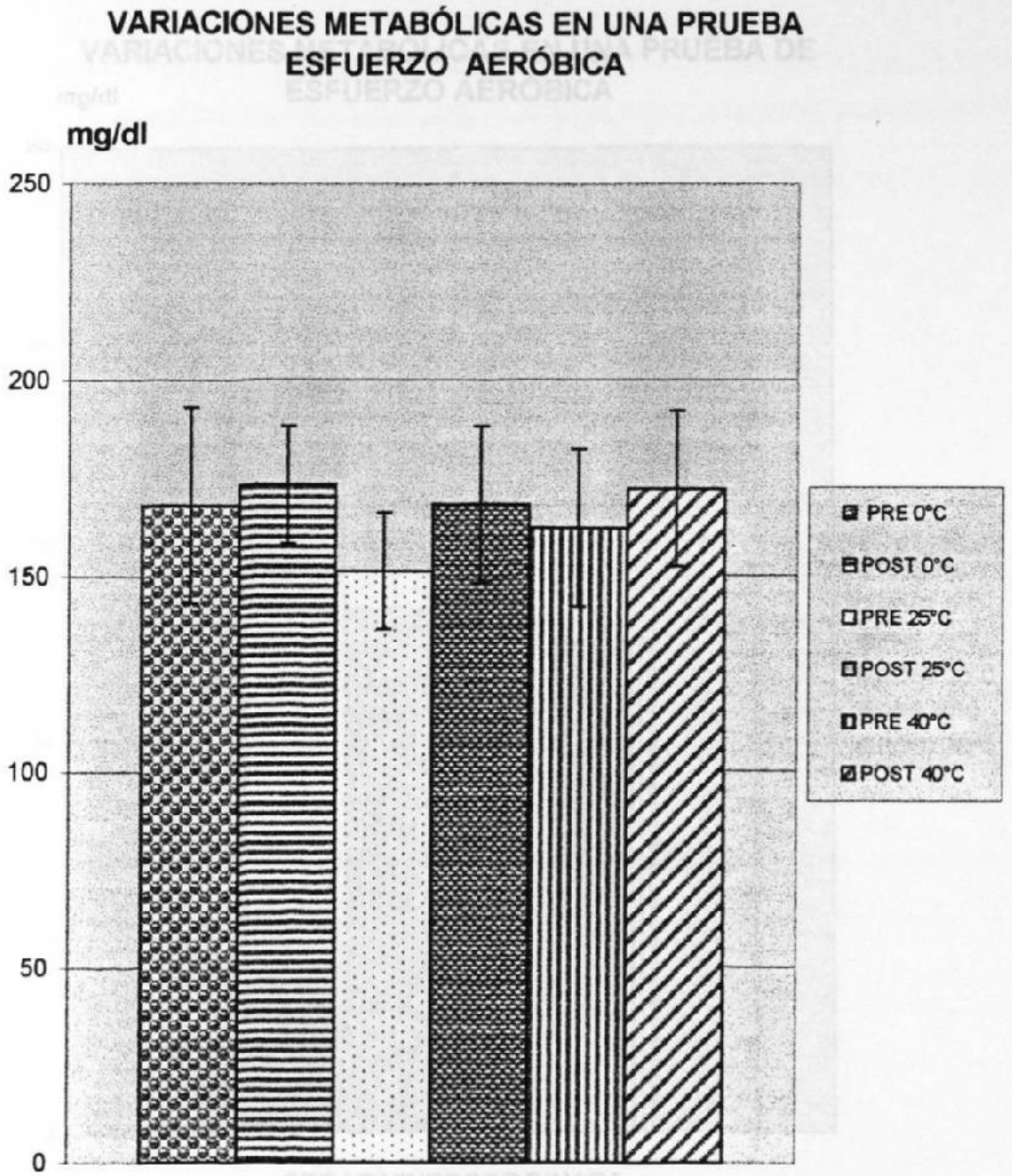
GRÁFICA # 10

Las enzimas CK, TGO y TGP estudiadas se determinó que la transaminasa glutámico pirúvica (TGP) se incrementó en forma significativa ($p<0.05$) en el postejercicio a temperatura de 0°C, sin presentar significancia a otras temperaturas (Tabla No.6 Gráficas 12 y13).

La creatininfosfocinasa (CK), la deshidrogenasa láctica (HDL), se incrementaron dentro de sus rangos normales en cada uno de los grupos estudiados, sin presentarse diferencias estadísticas significativas entre éstos.

ESTUDIOS DE LABORATORIO	PRUEBA 0° C		PRUEBA 25° C		PRUEBA 40°C	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
HDL	168	173	151	168	162	172
mg/dl	± 30	± 30	± 30	± 28	± 28	± 26
CK	186	192	133	159	125	141
mg/dl	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
TGO	12	14	11	14	10	13
mg/dl	±6	±6	±4	±5	±4	±3
TGP	11	15*	11	15	10	13
Mg/dl	± 3	± 3	± 3	± 6	±3	±3

TABLA No. 6 Comportamiento de las enzimas HDL, CK, TGO y TGP en una prueba de esfuerzo a diferentes grados de temperatura. N=14 (*$p<0.05$)



HDL A TEMPERATURA
0°C 25°C Y 40°C
N=14 (*p < 0.05)

GRÁFICA # 11