



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
CARRERA EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA DEPORTES Y
RECREACIÓN

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA DEPORTES Y RECREACIÓN.

Autores:

CAPT. ALARCÓN FERNANDO

CAPT. PAREDES LUIS

**TEMA: ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS,
RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, EN EL
ENTRENAMIENTO DE LOS DEPORTISTAS DEL EQUIPO DE
CADETES DE PENTATHLON MILITAR DE LAS FUERZAS ARMADAS
QUE PARTICIPARÁN EN EL CAMPEONATO MUNDIAL DE CADETES
MILITARES AGOSTO 2014.**

DIRECTOR: MSC. MARIO, VACA

CODIRECTOR: CARMITA QUIZHPE DRA. PHD.

SANGOLQUÍ, ABRIL 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**CERTIFICACIÓN****CERTIFICA:**

Que el trabajo de investigación titulado, **“ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS, RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, EN EL ENTRENAMIENTO DE LOS DEPORTISTAS DEL EQUIPO DE CADETES DE PENTATLON MILITAR DE LAS FUERZAS ARMADAS QUE PARTICIPARÁN EN EL CAMPEONATO MUNDIAL DE CADETES MILITARES AGOSTO 2014.”** realizado por el señor Capt. De I. Alarcón Calero Fernando Lubansky y el Sr. Capt. De I. Paredes Navarrete Luis Rodrigo, ha sido revisado prolijamente y cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto nos permitimos acreditarlo a autorizar al señor Capt. De I. Alarcón Calero Fernando Lubansky y el Sr. Capt. De I. Paredes Navarrete Luis Rodrigo para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 08 de Abril del 2014

DIRECTOR DE TESIS

MSc. Mario Vaca.

CODIRECTOR DE TESIS

Carmita Quizhpe Dra. Phd.

Nosotros, Capt. De I. Alarcón Calero Fernando Lubansky con cédula de identidad 0201376381 y el Sr. Capt. De I. Paredes Navarrete Luis Rodrigo con cedula de identidad 1716453285 declaramos que este trabajo de investigación, “ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS, RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, EN EL ENTRENAMIENTO DE LOS DEPORTISTAS DEL EQUIPO DE CADETES DE PENTATLON MILITAR DE LAS FUERZAS ARMADAS QUE PARTICIPARÁN EN EL CAMPEONATO MUNDIAL DE CADETES MILITARES AGOSTO 2014.”, que presentamos como tesis para la obtención del título de Licenciado en Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación, es original y auténtica.

Los autores

Alarcón Calero Fernando Lubansky

Capt. De I.

Paredes Navarrete Luis Rodrigo

Capt. De I.

AUTORIZACIÓN

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación o reproducción en la página Web de todas las ideas, criterios que constan en la presente Tesis de Grado sobre él, “ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS, RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, EN EL ENTRENAMIENTO DE LOS DEPORTISTAS DEL EQUIPO DE CADETES DE PENTATHLON MILITAR DE LAS FUERZAS ARMADAS QUE PARTICIPARÁN EN EL CAMPEONATO MUNDIAL DE CADETES MILITARES AGOSTO 2014.”

Para constancia de lo anteriormente expresado firmamos a continuación.

Alarcón Calero Fernando Lubansky

Capt. De I.

Paredes Navarrete Luis Rodrigo

Capt. De I.

DEDICATORIA

A Dios que nos ha dado la vida hasta este momento para compartir nuestra gran alegría con los nuestros , a nuestras madres que incluso olvidándose de ellas mismas han luchado por sacarnos adelante en la vida , a nuestras esposas que nos han apoyado con todo su amor que ha sido la motivación para el logro de nuestras metas ,al Ejército Ecuatoriano por su apoyo en nuestra formación y preparación, a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que nos abrió las puertas del conocimiento haciendo de nosotros nuevas y mejores personas para contribuir al desarrollo de nuestro país.

Al Sr. Msc. Mario Vaca director de tesis y la Srta. Carmita Quizhpe Dra. PhD., que con su experiencia, paciencia y sabiduría nos han guiado en la ejecución de nuestro trabajo de investigación.

Finalmente, a nuestras familias, que son nuestro soporte espiritual y moral. A nuestros amigos, que silenciosamente han venido apoyando nuestra causa como suya propia.

Al terminar con éxito este trabajo, nos es grato expresar nuestra más eterna gratitud, a la Carrera de Actividad Física Deportes y Recreación al personal directivo, docente y administrativo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Gracias, a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al presente trabajo investigativo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos a mi esposa, mis hijos, mi familia por motivarme y apoyarme siempre, al Ejército por darme la oportunidad de prepararme, al Personal Docente y Administrativo de la Carrera de Licenciatura de Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación de la Escuela Politécnica del Ejército por todos los conocimientos brindados en el transcurso de mi formación académica.

Finalmente un agradecimiento profundo y sincero al Msc. Mario Vaca y Carmita Quizhpe Dra. PhD., quienes fueron mi Director y Codirector de Tesis, por todas sus enseñanzas y al apoyo desinteresado para alcanzar mis objetivos en mi formación profesional.

Capt. De I. Alarcón Calero Fernando Lubansky.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos a mi Madre, mi esposa mi familia y amigos , al Ejército por darme la oportunidad de prepararme, al Personal Docente y Administrativo de la Carrera de Licenciatura de Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación de la Escuela Politécnica del Ejército por todos los conocimientos brindados en el transcurso de mi formación académica.

Finalmente un agradecimiento profundo y sincero al Msc. Mario Vaca Carmita Quizhpe Dra. PhD., quienes fueron mi Director y Codirector de Tesis, por todas sus enseñanzas y al apoyo desinteresado para alcanzar mis objetivos en mi formación profesional.

Capt. De I. Paredes Navarrete Luis Rodrigo

INDICE

CERTIFICACIÓN	I
AUTORIA	I
AUTORIZACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
1 MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2 SITUACIÓN PROBLÉMICA	2
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 SUB-PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.5 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.5.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	4
1.5.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	5
1.5.3 DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	5
1.7 CAMBIOS ESPERADOS	6
1.8 OBJETIVOS	7
1.8.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
2. ESQUEMA DEL MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. SISTEMA RESPIRATORIO	9
2.1.2 INTEGRACIÓN CARDIO-RESPIRATORIA-DIGESTIVA	10
2.1.3 ETAPAS QUE INVOLUCRA EL SISTEMA RESPIRATORIO	11
2.1.4. VENTILACIÓN DURANTE EL EJERCICIO CONTINUO.....	27
2.2 FRECUENCIA CARDIACA.....	28
2.2.1 FACTORES QUE AFECTAN LA FRECUENCIA CARDIACA	29
2.2.2 FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO.....	31
2.2.3 FRECUENCIA CARDIACA DURANTE EL EJERCICIO.....	32
2.2.5 RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA	35
2.3 FISILOGIA DEL LACTATO.....	40
2.3.2 COMO SE PRODUCE	40
2.3.3 EFECTOS	41
2.3.4 ACLARADO DEL LACTATO.....	42
2.3.5 ESTADO FIJO DEL LACTATO.....	43

2.3.6 LOS NIVELES DE LACTATO SANGUÍNEO PARA LOS ATLETAS	43
2.3.7 RELACIÓN ENTRE EL SISTEMA ANAERÓBICO Y AERÓBICO	44
2.3.8 MEDICIONES DEL LACTATO.....	45
2.3.9 UMBRAL DE LACTATO	46
2.3.10 LAS ZONAS DE POTENCIA Y LOS NIVELES DE ENTRENAMIENTO	54
2.3.11 ENTRENAMIENTO EN ALTURA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO....	85
2.4 UMBRAL ANAERÓBICO	88
2.4.1 DIFERENCIAS TERMINOLÓGICAS	89
2.4.2 BASES FISIOLÓGICAS DE LA TRANSICIÓN AERÓBICO-ANAERÓBICA.....	90
2.4.3 UMBRAL ANAERÓBICO EN DIFERENTES TIPOS DE EJERCICIO	95
2.4.4 UMBRAL VENTILATORIO.....	96
2.4.5 UMBRAL LÁCTICO.....	98
2.4.5.1 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO:	98
2.5 EST DE DIPER	101
2.5.1 TABLA DE AJUSTES.....	102
2.5.2 TABLA DE CONTROL	103
2.5.3 HOJA TEST DE DIPER	103
2.5.4 MATERIAL NECESARIO	104
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	106
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	106
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	106
3.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	108
3.3.1 MEDICIÓN DEL INTERCAMBIO DE GASES PULMONARES	108
3.3.2 MEDICIÓN DE LACTATO.....	108
3.3.3 MEDICIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA.....	108
3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	109
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	110
4 PROTOCOLO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	114
4.1 TOMA DE MUESTRAS DEL INTERCAMBIO DE GASES PULMONARES.....	114
4.1.1 INSTRUMENTOS	114
4.1.2 VO ₂ PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.....	115
4.1.3 PROTOCOLO DE MEDICIÓN	119
4.2 TOMA DE MUESTRAS DE LA FRECUENCIA CARDIACA.....	120
4.2.1 INSTRUMENTOS	121
4.3 TOMA DE MUESTRAS DE LACTATO.....	124

4.3.1 INSTRUMENTOS	124
4.4 PROTOCOLO TEST DE DIPER	127
4.4.1 INSTRUCCIONES Y CONSEJOS PRELIMINARES.....	127
5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	130
5.1 ANÁLISIS DEL REPOSO.....	169
5.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS DURANTE EL TEST MAXIMAL (DIPER.)	170
5.3 ANÁLISIS DE LA RECUPERACION	172
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
6.1 CONCLUSIONES.-	175
6.2 RECOMENDACIONES.	180
7 BIBLIOGRAFÍA.....	181

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 ZONAS DE ENTRENAMIENTO	54
Ilustración 2 TERMINOLOGÍA UTILIZADA EN LA TRANSICIÓN AERÓBICA Y ANAERÓBICA	90
Ilustración 3 TABLA DE AJUSTES TEST DIPPER.....	102
Ilustración 4 HOJA DE TEST DIPPER	103
Ilustración 5 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LOS PENTATLETAS DEL EQUIPO MASCULINO;Error! Marcador no definido.....	
Ilustración 6 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LOS PENTATLETAS DEL EQUIPO MASCULINO.....	131
Ilustración 7 DATOS OBTENIDOS DESPUES DE CINCO MINUTOS TERMINADO EL TEST DURANTE LA RECUPERACIÓN	168

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. FRECUENCIA CARDIACA DE RECUPERACIÓN	39
Tabla 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	110
Tabla 3 DATOS DE FC,LACTATO,VO2,CO2,PULSO DE OXÍGENO Y MET DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR.....	130
Tabla 4 DATOS DE FRECUENCIA CARDIACA,LACTATO,VO2, INTERCAMBIO DE GASES PULMONARES ,PULSO DE OXÍGENO Y MET, OBTENIDOS DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR DURANTE UN TEST DE ESFUERZO PROGRESIVO(DIPPER). KDT. BORIS VELAZCO.....	132
Tabla 5 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. PINTO PABLO	141
Tabla 6 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. PEÑAFIEL EDGAR	144
Tabla 7 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. LUIS JARRIN	148

Tabla 8 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. TAZAN IBAN	152
Tabla 9 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. YANEZ SEBASTIAN	156
Tabla 10 PROMEDIOS TOTALES DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR DURANTE EL TEST DIPPER.....	158
Tabla 11 ANÁLISIS COMPARATIVO EN ZONA DE UMBRAL ANAERÓBICO EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR.....	159
Tabla 12 DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC.	160
Tabla 13 DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN LACTATO.....	161

Resumen

Cada ser humano representa un universo diferente , por esta razón sus características de Biotipo y capacidades tanto físicas ,emocionales ,cognitivas y espirituales no pueden reproducirse de igual forma en otro ser humano ,así como también la influencia del espacio geográfico en el cual se desenvuelve , estas diferencias marcan su desarrollo, formación y evolución deportiva , es por estas diferencias que al realizar esta investigación científica queremos determinar y realizar una relación con los diferentes cambios fisiológicos en lo que al intercambio de gases pulmonares, frecuencia cardiaca y lactato se refiere a partir de un test progresivo de esfuerzo máxima y obtener datos que nos puedan reflejar las condiciones individuales de cada deportista. Nuestra muestra de investigación la conforman los cadetes del equipo masculino de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas que participarán en el campeonato mundial de cadetes Agosto 2014, que se desarrollará en nuestro país (Ecuador).

Palabras clave: Intercambio de gases pulmonares.

Abstract

Every human being is a different universe, for this reason the Biotype characteristics and physical, emotional, cognitive and spiritual abilities can not be played the same way in another human being, also the influence of the geographical area in which it operates, these differences influence in development, formation and sporting evolution. this scientific research wants identify and realize a relationship with the different physiological changes as the pulmonary gas exchange, heart rate and lactate using a maximum progressive test that allow us obtain data that reflect the individual conditions of each sportsman .our research is made with the cadets of male military pentathlon team of the Armed Forces that participating in the cadet world championship in August 2014, to be held in our country (Ecuador).

Keywords: Pulmonary gas exchange

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1 MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

El intercambio de gases respiratorios, la frecuencia cardiaca y el ácido láctico en el entrenamiento de los deportistas del equipo de cadetes de pentatlón militar de las fuerzas armadas que participarán en el campeonato mundial de cadetes militares agosto 2014.

1.2 SITUACIÓN PROBLÉMICA

La situación problemática es que en el país no contamos con datos científicos obtenidos con deportistas nacionales con nuestro biotipo y en la altura que nos permitan conocer las exigencias fisiológicas que necesita un pentatleta.

Debido a diferentes carencias tanto en el área científica como tecnológica lo cual impide un proceso de control del entrenamiento acorde con las exigencias actuales del alto rendimiento deportivo tanto dentro de nuestras fuerzas armadas como en el alto rendimiento deportivo del país.

Es de vital importancia durante el proceso de entrenamiento deportivo de los atletas que los entrenadores cuenten con datos fiables para iniciar el entrenamiento de sus atletas así como también su control antes, durante y después de su proceso de entrenamiento, para de esta manera alcanzar el rendimiento óptimo previo a competencias internacionales. Cabe destacar que los datos referenciales que se han venido utilizando por parte de entrenadores pertenecen a bibliografías basadas durante entrenamientos en el llano y diferentes biotipos de deportistas. La investigación se la realizará con el equipo de cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas que participarán en el campeonato mundial de cadetes a llevarse a cabo en el Ecuador en Agosto 2014 pretende elevar la efectividad de los procesos de

entrenamiento empleando equipos tecnológicos avanzados y así obtener datos reales como punto de partida para desarrollar una planificación de entrenamiento para cada deportista, el equipo está integrado por siete deportistas, los cuales estarán sometidos a una planificación de entrenamiento para posteriormente obtener muestras de niveles de CO₂, O₂, VO₂, VCO₂, Biotipo, lactato en sangre y frecuencia cardiaca cabe indicar que estos análisis serán individuales, antes, durante y después de cada sesión de entrenamiento en base a esto se va a controlar y modificar el entrenamiento deportivo.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El análisis y correlación de los factores que influyen en el rendimiento físico, como gases respiratorios, respuestas cardiovasculares y metabólicas, en el entrenamiento y competencias de los deportistas cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas del Ecuador no cuenta con datos científicos obtenidos con deportistas nacionales con nuestro biotipo y en la altura que nos permitan conocer las exigencias fisiológicas individuales de cada atleta.

1.4 SUB-PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Mediante una observación y acercamiento con los entrenadores de la planificación del entrenamiento del equipo de cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas ESMIL hemos podido determinar que no cuentan con datos científicos que permitan mejorar la planificación del entrenamiento, ante esta problemática nos encontramos con los siguientes sub-problemas de investigación:

- La falta de estudios fisiológicos sobre el comportamiento del intercambio de gases respiratorios en el entrenamiento de los pentatletas del Equipo de cadetes de las Fuerzas Armadas.

La falta de estudios fisiológicos del comportamiento de la frecuencia cardiaca en el entrenamiento de los pentatletas del Equipo de cadetes de las Fuerzas Armadas.

La falta de estudios fisiológicos del comportamiento del ácido láctico en el entrenamiento de los pentatletas del E quipo de cadetes de las Fuerzas Armadas.

No existe una correlación entre estas tres variantes fisiológicas para cada de los pentatletas del E quipo de cadetes de las Fuerzas Armadas.

No existe una determinación acertada del Umbral Anaerobio para cada de los pentatletas del E quipo de cadetes de las Fuerzas Armadas.

No existe un entrenamiento individualizado de los pentatletas del Equipo de cadetes de las Fuerzas Armadas.

1.5 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL

La investigación se realizara con los cadetes pentatletas pertenecientes al equipo de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas que participarán en el mundial de cadetes Agosto 2014 que se desarrollará en el Ecuador.

1.5.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La presente investigación la realizaremos en la ESMIL ubicada en el sector de Parcayacu ($0^{\circ}05'06''S$ $78^{\circ}29'14''O$) a 2600m. Sobre el nivel del mar, a las afueras de la ciudad de Quito por su extremo norte, es considerada por su infraestructura y equipamiento como una de las mejores instituciones de formación de Oficiales de América Latina.

1.5.3 DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES DE INVESTIGACIÓN

Los objetos de investigación serán los deportistas del equipo de cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas que participarán en el campeonato mundial de cadetes a desarrollarse en el Ecuador en el mes de Agosto del 2014.

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Conocer los comportamientos fisiológicos individuales de un deportista es la pauta para determinar una correcta planificación y aplicación del entrenamiento así como también elevar el rendimiento y eficiencia deportiva.

En caso de deportistas es fundamental conocer los datos correctos de su rendimiento para llevar un proceso adecuado en los planes de entrenamiento.

A lo largo del tiempo se ha venido utilizando procedimientos empíricos para obtener datos de la condición física de los deportistas basados en frecuencia cardiaca, vo_2 máximo, etc., los mimos, que al no ser resultados exactos contribuirán a un déficit en los procesos de entrenamiento.

Con esta investigación vamos a conocer a través de nuevas tecnologías como determinar, analizar y realizar una correcta correlación del comportamiento del intercambio de gases pulmonares, frecuencia cardiaca, el ácido láctico variables que se producen antes, durante y después del

entrenamiento de las capacidades físicas de los deportistas , a través datos reales, los mismos que son la base para llevar una correcta y efectiva planificación y control en los procesos de entrenamiento.

Todo esto contribuirá a mejorar y desarrollar el rendimiento de los deportistas pentatletas de las Fuerzas Armadas siendo este estudio la base para obtener un modelo de entrenamiento y resultados en el alto rendimiento deportivo militar que a su vez contribuirá con desarrollo del deporte ecuatoriano.

1.7 CAMBIOS ESPERADOS

Con este proyecto se quiere alcanzar los siguientes cambios:

- Crear una base de datos sobre el comportamiento del intercambio de gases pulmonares, la frecuencia cardiaca y el ácido láctico antes, durante y después de cada sesión de entrenamiento de los cadetes pentatletas del equipo de las Fuerzas Armadas y así determinar su Umbral Anaerobio que es la base para determinar las zonas de entrenamiento para trabajar las diferentes capacidades físicas de los deportistas.
- Establecer datos validos que podrán ser usados por los entrenadores para aplicar el principio de individualización del entrenamiento en los pentatletas.
- Establecer un modelo de resultados fisiológicos de los deportista pentatletas que servirán de base para que los entrenadores capten nuevos talentos deportivos en este deporte.

1.8 OBJETIVOS

1.8.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer niveles de intercambio gaseoso, respuestas cardiacas y metabólicas en la altura, de los deportistas cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas del Ecuador durante el proceso de entrenamiento, a fin de alcanzar un alto nivel competitivo internacional durante el campeonato mundial de cadetes que se desarrollará en el Ecuador en el mes de Agosto del 2014.

1.8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar el comportamiento del intercambio gaseoso en los deportistas cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas del Ecuador durante el proceso de entrenamiento en la altura.

Analizar el comportamiento cardiaco en los deportistas cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas del Ecuador durante el proceso de entrenamiento en la altura.

Analizar el comportamiento del ácido láctico en los deportistas cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas del Ecuador durante el proceso de entrenamiento en la altura.

Determinar los umbrales individuales en los deportistas cadetes de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas durante el proceso de entrenamiento en la altura.

Obtener un modelo de resultados fisiológicos que servirán de base para la captación de nuevos talentos deportivos en este deporte.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2. ESQUEMA DEL MARCO TEÓRICO.

La investigación que se realizará con los cadetes de pentatlón militar del equipo de las Fuerzas Armadas permitirá determinar el comportamiento de la frecuencia cardiaca, el intercambio de gases respiratorios y lactato en la altura para así determinar el Umbral Anaerobio de cada uno de los deportistas.

Lo que se propone es demostrar científicamente, cuál es el comportamiento de la frecuencia cardiaca, el intercambio de gases respiratorios y lactato en la altura en los pentatletas del equipo de pentatlón de las Fuerzas Armadas, y realizar una correlación entre ellos. Y con esto aportar a los entrenadores, preparadores físicos y deportistas en pro de la mejora de su entrenamiento para conseguir futuros logros deportivos.

La investigación se sustentara con las siguientes fuentes bibliográficas:

- Criterio de docentes expertos en la temática.
- Bibliografía Especializada.
- Información de páginas de Internet.
- Proyectos afines al tema de investigación.

2.1. SISTEMA RESPIRATORIO

La respiración es un proceso por el cual las células captan el oxígeno del aire para oxidar las sustancias nutritivas y obtener energía, resultando productos de degradación como CO₂ y H₂O (dióxido de carbono y agua respectivamente). El sistema respiratorio es aquél que se encarga de incorporar el aire del exterior dentro del organismo, para quedarse con el oxígeno (O₂), y luego sacar el aire con productos de degradación fuera del mismo (El sistema circulatorio se encargará, luego de llevar el O₂ a los tejidos y extraer el CO₂ hacia los pulmones para ser exhalado). El

intercambio de estos gases (CO₂ y O₂) comienza con la ventilación o movimiento de aire pulmonar, luego de lo cual se produce un pasaje a través de alvéolos pulmonares (proceso denominado HEMATOSIS) y tras de la circulación de estos gases por el sistema circulatorio, se produce otro intercambio a nivel de los tejidos corporales (Ej. muscular).

En síntesis, el sistema respiratorio permite la captación del O₂ y la expulsión del CO₂. El sistema respiratorio trabaja conjuntamente con el sistema circulatorio para llevar oxígeno a cada célula del organismo y para eliminar el dióxido de carbono del mismo.

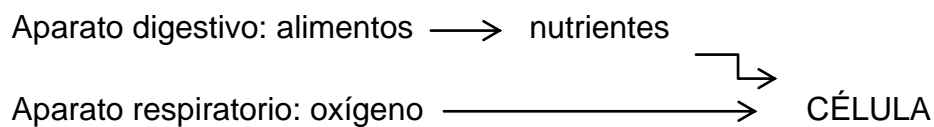
2.1.2 INTEGRACIÓN CARDIO-RESPIRATORIA-DIGESTIVA

Los sistemas del organismo están sumamente relacionados entre sí. El aparato respiratorio está íntimamente unido al circulatorio, ya que ambos tienen en común la función de tomar y transportar O₂ a los tejidos que lo requieren y a su vez devolver CO₂ al medio ambiente, que fue producido por los tejidos. El aire atmosférico tiene una presión parcial de O₂ del 21%, de Nitrógeno del 78% y una presión parcial de CO₂ de 0,04%. Pero al inspirar, el aire se humedece con lo que la presión efectiva que penetra es levemente menor. En resumen el aire recorre de esta manera:

1. Entra aire por la nariz → tráquea → bronquios pulmones alvéolos
 2. El oxígeno del aire pasa del alveolo a los capilares, que forman las venas pulmonares aurícula izquierda a ventrículo izquierdo a arteria Aorta → a arterias del cuerpo (tejidos- células).

3. Las células de cada tejido toman el oxígeno de las arterias y envían el CO₂ hacia la circulación capilar, los capilares forman las venas que desembocan en las venas cavas y que ingresan a la aurícula derecha al ventrículo derecho y luego a la arteria pulmonar.

4. El CO₂ por la arteria pulmonar llega a los capilares alveolares, donde traspasa la membrana alveolo-capilar y es exhalado por la ventilación hacia afuera del organismo.



2.1.3 ETAPAS QUE INVOLUCRA EL SISTEMA RESPIRATORIO

1. Ventilación: Se produce en los pulmones. La ventilación la podemos medir con una prueba llamada espirometría.

2. Hematosis: Es el paso de gases entre el alvéolo y los capilares (difusión simple). Estos gases para pasar deben atravesar la membrana del alvéolo y la del capilar (Membrana alveolo-capilar). El CO₂ es 20 veces más difusible que el O₂.

3. Transporte: Los gases son transportados por la sangre a través del sistema circulatorio (arterias y venas).

4. Extracción: Los tejidos (células) extraen el oxígeno de la sangre y eliminan el CO₂ hacia la misma. Atraviesan por difusión simple la membrana celular y la membrana capilar. Pasaremos a describir cada una de las etapas respiratorias:

2.1.3.1 VENTILACIÓN

Si nos concentramos en nuestra respiración, veremos, que es involuntaria (aunque en algunas circunstancias, podemos modificarla con la voluntad). Es decir que no debemos pensar en respirar, de hecho lo hacemos mientras dormimos, automáticamente. Sin embargo al estornudar, o al cantar podemos contener la inspiración o controlarla conscientemente para beneficio nuestro. También al realizar buceo, podemos contener por un tiempo la respiración por voluntad. Se llama Ventilación Pulmonar o Volumen minuto pulmonar a la cantidad de aire que entra y sale de los pulmones en

un minuto. Esto se obtiene multiplicando el volumen corriente (ver abajo) por la frecuencia respiratoria (cantidad de veces que respiramos en un minuto). Pero no todo el aire que entra va a ingresar al sistema sanguíneo, pues mucho de él se quedará en las vías aéreas superiores donde no hay vasos para intercambio gaseoso. El movimiento respiratorio, consta de dos etapas:

1. Inspiración: Ingreso de aire (es un proceso activo).
2. Espiración: Salida del aire (es un proceso pasivo).

Estas dos etapas forman un ciclo respiratorio. Un ciclo respiratorio normal en reposo, moviliza aproximadamente 500 ml de aire y se llama: Volumen Corriente (VC). Pero si nosotros, luego de una inspiración normal, tratamos de ingresar más aire, moveremos más volumen de aire. A este volumen extra que ingresa al pulmón, se lo llama: Volumen de Reserva Inspiratoria (VRI: es de aproximadamente 3,1 litros, es decir, seis veces más que el volumen corriente). Si volvemos a la respiración normal y luego intentamos exhalar más aire que el corriente, se llama a este volumen: Volumen de Reserva Espiratoria (VRE) y es de aproximadamente 1,2 litros. Por más esfuerzo que uno haga, siempre que da en el pulmón algo de aire que no se puede expulsar. Este volumen se denomina Volumen Residual (VR) que es de 1,2 litros también.

Ahora la Capacidad Pulmonar Total es la suma de todos los volúmenes = 6 Litros (6.000 ml). Si nosotros inspiramos profundamente, ingresamos 6 litros de aire, pero al tratar de espirar, sólo salen 4,8 litros (es decir, 1,2 litros de volumen residual quedan en el pulmón). Ese volumen espirado luego de una inspiración máxima se llama Capacidad Vital (CV). Estos volúmenes son estimativos, ya que cada persona puede variar el tamaño de sus pulmones y sus volúmenes. Se puede medir con un estudio denominado Espirometría. Supongamos que ventila por respiración completa 500 ml en reposo. Si su frecuencia respiratoria es de 12 por minuto, moviliza 6 litros de aire en un minuto cuando está en reposo.

Fórmulas

Capacidad Pulmonar Total (C.P.T) = VC + VRI + VRE + VR
 Capacidad Vital = VC + VRI + VRE

Se llama Capacidad Inspiratoria (CI) a la suma del VC + VRI

Capacidad Residual Funcional (CRF)= VRE + VR.

Entonces Capacidad Inspiratoria es todo el aire que uno puede inspirar, luego de una espiración normal (serían 3,6 litros) y luego de espiración normal, el aire que queda en los pulmones es la capacidad residual funcional (serían 2,4 litros).

En el reposo, el volumen corriente alcanza para oxigenar los tejidos.

Si comenzamos a realizar ejercicios, la demanda de más aire, determina que el volumen corriente aumente a expensas del de reserva inspiratoria. Cuando la actividad es extenuante, también se le suma el aire de reserva espiratoria. En ejercicio se puede llegar a ventilar 100 a 200 litros por minuto. Pero recordemos que se consume solamente, aproximadamente el 25% de lo que se ventila. Es decir que si ventila 6 litros por minuto, consume 250 ml y para consumir un litro de O₂ debe ventilar 25 litros de aire (esto es debido a la concentración parcial del O₂ en el aire ventilado). La fórmula que mejor define a la Ventilación pulmonar es igual a la frecuencia respiratoria (FR) por el Volumen Corriente (VC):

$$VP = FR \times VC$$

A su vez el Volumen Corriente es igual al espacio muerto por la Ventilación alveolar (Va). VC = Em + Va

En el ESPACIO MUERTO o sea las zonas no perfundidas, pero ventiladas entra el aire, pero no se produce el intercambio gaseoso. Existen espacios muertos anatómicos, como ser la tráquea, bronquios, y recién los bronquiólos de la diecisieteava generación son lo suficientemente delgados

como para permitir la hematosis, pero también existen los espacios muertos fisiológicos como ser los ápices pulmonares donde pueden ser insuflados con mucho aire, pero la poca perfusión o capilarización hace que la hematosis o intercambio gaseoso no se produzca. Se calcula que en total entre el espacio muerto anatómico más el fisiológico se desperdicia un 20 a 30% del volumen corriente.

Los espacios muertos (E_m) patológicos o Shunts son debidos a patologías donde las membranas alveolares se ven afectadas y los capilares que pasaban por ellas dejan de permitir el intercambio gaseoso. Se calcula que el E_m es de 150 ml y que la V_a es de 350 ml (lo que suman los 500 ml del volumen corriente). Por ejemplo los fumadores tienen más espacio muerto que los no fumadores disminuyendo así, ni más ni menos que su capacidad de ventilar correctamente y por lo tanto de producir energía en el destino final o sea en las células musculares. Por esto todas las células padecen la disminución de la llegada del preciado Oxígeno. Las personas que padecen de asma crónica también pueden tener más espacio muerto por enfisema. Sin embargo los ejercicios aeróbicos pueden disminuir los espacios muertos por varios mecanismos, entre los cuales se encuentran el aumento de la capilarización alveolar. O sea que al llegar más capilares con oxígeno, hay más oferta de O_2 para que pase al alvéolo sano. El espacio muerto (E_m) se puede calcular teóricamente multiplicando el peso del sujeto en Kg por 2,2 (factor de corrección).

$$E_m = \text{peso} \times 2,2$$

El E_m fisiológico disminuye con el ejercicio (pero luego de una determinada frecuencia respiratoria vuelve a aumentar). Esto es debido a que con el aumento de los distintos volúmenes de reserva usados durante la actividad física, existe más posibilidad de intercambio de O_2 y CO_2 . Sin embargo con el jadeo respiratorio, también llamado respiración superficial disminuye la ventilación alveolar efectiva, ya que el aire no llega en su totalidad a los alvéolos y se pierde entre los espacios muertos.

La ventilación alveolar (V_a) se calcula por la siguiente fórmula:

$$V_a = VO_2 / VP$$

VO_2 : consumo de oxígeno

VP : ventilación pulmonar

$$V_a = VC / \text{min} - E_m$$

VC : volumen corriente

E_m : espacio muerto

A su vez el VC (volumen corriente) por minuto se calcula como VC por la FR (frecuencia respiratoria). O sea si yo respiro 10 veces por minuto, por Ej. 600 ml por 10 (FR) = 6 litros por minuto aproximadamente. Teóricamente el VC en el hombre es de 5,7 litros/min, y en la mujer es de 4,2 litros por minuto en reposo. La V_a por minuto es:

$$V_a \text{ min} = VC - (E_m \times FR)$$

Por ejemplo si $VC = 6$ l, $E_m = 0,15$ l, y $FR = 10$ $V_a \text{ min} = 6$ litros - ($0,15$ litros $\times 10$) = 4,5 litros/min

Y si aumento la FR a 20: $V_a \text{ min} = 6$ l - ($0,15$ l $\times 20$) = 3 l/min

El AIRE ALVEOLAR es el aire que queda en los pulmones luego de una espiración tranquila, menos el aire del espacio muerto. Representa el aire factible de realizar hematosis. Lo importante es que debe haber aire alveolar en constante recambio y con una concentración adecuada de O_2 , pues esto asegura que las arterias tengan suficiente oxigenación para llevar a los tejidos. Lo mismo aplica para la remoción del CO_2 (pero en el camino inverso).

2.1.3.2 HEMATOSIS

La segunda etapa luego de la ventilación es la hematosis. El O₂ y CO₂ deben atravesar tanto la membrana alvéolo-capilar, como la membrana célula-capilar (luego del recorrido sanguíneo). Se llama hematosis al intercambio de los gases (O₂ y CO₂) entre el aire del alvéolo y la sangre del capilar, dentro de los pulmones. A diferencia de la ventilación pulmonar ya descrita que es un proceso cíclico (inspiración y espiración), la ventilación alveolar es un proceso continuo.

Este intercambio se produce en las zonas más distales del árbol bronquial, más específicamente a partir de la decimosexta generación de bronquiólos en adelante, debido a que es requisito indispensable que las membranas de pasaje sean delgadas y por lo tanto la distancia entre los espacios aéreo y sanguíneo sean menores. Como ya observamos las zonas más profundas son la basal pulmonar, por lo tanto si lleva O₂ a esa zona el intercambio gaseoso será óptimo. La ventilación (movimiento del aire) y la perfusión (movimiento de sangre) son diferentes en las distintas zonas pulmonares. La fuerza de gravedad influye en esto. La sangre venosa llega al pulmón a través de la arteria pulmonar que sale del ventrículo derecho. Viene con una presión determinada pero la acción de la gravedad hace que si un sujeto está de pie, se reste presión sanguínea en los vértices pulmonares y se suma en las bases (aproximadamente +/- 10 mm Hg). Es por eso que se recomienda respirar más con la base de los pulmones (la llamada inspiración abdominal). La sangre que debe ir del corazón derecho al izquierdo, no depende solamente de la diferencia de presiones entre ellos, sino que a esto se le suma la presión alveolar sobre los capilares pulmonares. Por lo que podemos dividir al pulmón en 3 zonas: 1) Vértice o ápice: es la más apical, donde la presión diastólica no es suficiente para producir flujo sanguíneo pues no vence o supera la presión alveolar, por esto los capilares se colapsan en la diástole y apenas se dilatan en la sístole (existe poca hematosis). 2) Medial: La presión sanguínea vence a la presión

alveolar tanto en diástole como en sístole. Existe un flujo mayor que en la zona apical. 3) Diafragmática: La presión diastólica supera ampliamente a la alveolar lo que genera flujo sanguíneo y la hematosis sólo depende del gradiente de presiones entre el ventrículo derecho y la aurícula izquierda. Como conclusión en una persona parada la ventilación alveolar se distribuye en forma diferente entre la base de los pulmones donde es mayor y los vértices donde es menor. En el ejercicio máximo la difusión aumenta por varios motivos: -Por vasodilatación capilar -Por distensión alveolar -Por aumento de la diferencia de presión alvéolo-capilar -Por el aumento de la frecuencia respiratoria.

Presión Parcial de un gas (Pp): La presión atmosférica (barométrica) es de 760 milímetros de mercurio (mm Hg). Pero de esto solo el 21% es oxígeno. A esta fracción se la llama presión parcial de oxígeno (Pp O₂) El aire es una mezcla de Nitrógeno, Oxígeno, CO₂. La presión parcial (Pp) de un gas es igual a la presión total (por ejemplo la atmosférica) por la concentración de ese gas (dentro de la atmósfera). Ej.: Si la concentración de O₂ atmosférica es del 21%: $Pp\ O_2 = 760\ \text{mm Hg} \times 0,21 = 160\ \text{mm Hg}$ El resto del aire atmosférico está constituido en un 78% de nitrógeno y solo el 1% de otros gases (entre los que se encuentra el CO₂). Al respirar el aire se humedece y se calienta con lo que disminuye un poco la presión efectiva del mismo. La composición del aire alveolar es diferente del aire de las vías respiratorias por varios motivos: 1) En cada ciclo ventilatorio, no se renueva todo el aire. 2) El flujo de gases trata de igualarse, por lo que el CO₂ trata de salir de la sangre hacia el alvéolo y el O₂ trata de entrar para pasar a la sangre circulante en los capilares. Es decir que la composición del aire alveolar depende de la renovación cíclica ventilatoria y del intercambio gaseoso alvéolo-capilar. A su vez de lo que pasa a la sangre de O₂ sólo se combina con la hemoglobina un 1,5% del total. La hemoglobina es una proteína que se encuentra dentro de los glóbulos rojos y que transporta el O₂ y el CO₂. SHUNT: Se denomina así a la cantidad de sangre que pasa por el pulmón, pero no se oxigena (por ejemplo cuando hay capilares pero

los alvéolos por donde pasan se encuentran cerrados o dañados debido al asma o al enfisema que provoca el hábito de fumar).

En las zonas de shunts, la relación ventilación-perfusión se ve alterada y cuando el shunt es patológico (por ejemplo por una obstrucción de un bronquiolo) en esa zona se produce hipoxia (falta de oxígeno) con lo que el organismo reacciona con una vasoconstricción en ese lugar para que circule menos sangre y vasodilata otras zonas compensatoriamente para que el O₂ circulante pase más por las zonas más profundas. De esta manera el oxígeno puede ser mejor aprovechado. Arteria pulmonar (CO₂) PpO₂= 40 PpCO₂= 46 vena pulmonar (O₂) alvéolo PpO₂ = 104 PpCO₂ = 40 Capilar PpO₂= 100 PpCO₂= 40 La humedad del alvéolo disminuye la presión Las diferencias de presión hace que el gas pase por difusión de un lugar a otro. Se puede calcular con la siguiente fórmula: $P = P_p - P_v$ Pp = presión parcial (se miden en mmHg = milímetros de mercurio) O₂= oxígeno CO₂= dióxido de carbono. (El resto del gas es nitrógeno) P = diferencia de presión La presión capilar más la presión alveolar, menos la presión venosa de los gases es lo que me dará la diferencia de presión efectiva. El hecho de que las bases pulmonares estén más profundas (tengan más flujo sanguíneo), favorece la relación ventilación / perfusión.

$$P = (P_c - P_a) - P_v$$

Gradientes de difusión: Existen distintos gradientes efectivos de difusión, que permiten el pasaje de los gases en cuestión de un compartimiento a otro.

a) Gradiente alvéolo-capilar: Por ejemplo si la PpO₂ alveolar es de 100, y la capilar es de 40, el gradiente será de 60 mm Hg. En sedentarios esto es frecuente. Sin embargo los deportistas tienen gradientes mayores (70-80, etc.). Y si la PpCO₂ alveolar es de 40 y la capilar de 46, el gradiente será de 6 mm Hg. b) Gradiente capilar-tisular (ver más adelante en etapa de extracción). Diferencia de presión = presión arterial + presión alveolar

presión venosa. Eso es lo que quedará en los tejidos finalmente. Podemos graficar el gradiente de difusión (en %) en el tiempo en el siguiente gráfico:

PO2	100%	40%	Reposo	Ejercicio	0	30	75	Tiempo (seg.)

Es decir que en reposo la mayor difusibilidad (100%) se da en los primeros 30, pero en el ejercicio esto sucede en los 75 debido a la velocidad de la circulación (que es mayor). La velocidad de difusión de un gas depende: a) del peso molecular del mismo (según la ley de Graham es inversamente proporcional) b) de la solubilidad de los tejidos (la ley de Henry enuncia que la velocidad de difusión es directamente proporcional a la solubilidad en ese líquido). En un sujeto sano la oxigenación se logra fácilmente si ese mismo sujeto realiza ejercicio, se logra una buena oxigenación a pesar del menor tiempo de contacto. Pero si el sujeto está enfermo y posee engrosamiento de la membrana alvéolo-capilar por fumar o asma crónica, no se logra adecuadamente la oxigenación en ejercicio y luego en estadios más avanzados tampoco en reposo. Esto significa que lo mejor que podemos recomendar a una persona es que no fume y que no esté en contacto con ambientes donde el aire este viciado. Mucho más si es asmático (la combinación Asma-cigarrillo puede ser desastrosa). Y lo importante es que un sujeto asmático o que tiene enfisema, sepa que debe realizar ejercicio para optimizar la circulación capilar en las áreas que aún no están afectadas (y mejorar la ventilación efectiva). La ley de Fick dice que el volumen de un gas que difunde a través de una membrana por unidad de tiempo, es directamente proporcional a la superficie de la misma, al gradiente de presión parcial; e inversamente proporcional al espesor de la membrana.

Tensión superficial: En una interface aire-líquido, las moléculas de aire son atraídas con mayor fuerza hacia el líquido. Esta fuerza que se genera se denomina Tensión superficial. Es lo que hace que cuando por ejemplo el agua cae sobre una superficie, tome la forma de una gota redonda. En los alvéolos existe una capa de líquido extracelular. Cuando llega el aire desde el exterior, este líquido tiende a presionar al aire colapsando el alvéolo. Cuando el aire ingresa en el alvéolo, debe superar esa fuerza de tensión

superficial. La interdependencia entre los trescientos millones de alvéolos del pulmón hace que si uno es más grande que otro no permita que se colapsen. Otro de los motivos es el factor surfactante (sustancia segregada por los alveolocitos tipo II, que no permite que éstos colapsen al espirar el aire).

2.1.3.3 TRANSPORTE

Hasta aquí hemos descrito las etapas: Ventilación y Hematosis. La etapa 3 o Transporte se refiere a lo siguiente: El O₂ debe atravesar la membrana del glóbulo rojo y cargarse en la hemoglobina (Hb).

La hemoglobina es una proteína que contiene moléculas de hierro, que se encuentra dentro de los glóbulos rojos, y posee la capacidad de cargar o transportar tanto el O₂ como el CO₂. Esta capacidad es limitada pues depende de la concentración de hemoglobina que tengan los glóbulos rojos de un sujeto. Se llama avidéz de la hemoglobina a la fuerza con la que esta proteína se satura con O₂. La Hb se satura en un 98%, el 2% del O₂ va libre en el plasma. Es decir que cada 100 mm Hg de O₂, 98 se carga en la Hb y 2 circula libremente sin transporte. Se calcula que 1 gramo de Hb se puede combinar con 1,34 ml de O₂. Por lo tanto si tenemos 14 gs de Hb cada 100 ml de sangre, calculamos que se saturan 18,76 ml de O₂. El CO₂ sin embargo se transporta un 20% con la Hb y un 75% como bicarbonato. Sólo el 5% circula libre en plasma. La saturación de la hemoglobina en sangre arterial es del 98%, pero en la sangre venosa es del 70%. Es decir que en la medida que va pasando el O₂ a los tejidos la saturación disminuye. Las variables de este transporte son: -El ejercicio (aumenta la entrega de O₂). -La altura (disminuye la concentración de O₂ del aire inspirado). -El cigarrillo (aumenta el monóxido de carbono (CO) que compite con el O₂ para ser transportado por la Hb). Es decir que un sujeto que tiene anemia (disminución de la concentración de hemoglobina) transportará menos O₂, con lo que se cansará más fácilmente y disminuirá su rendimiento deportivo.

En la altura la presión atmosférica es menor (la columna de aire es menor) por lo que la presión parcial de cada gas es menor proporcionalmente. Las personas que nacen en la altura desarrollan mecanismos compensatorios, como el aumento de la superficie alveolo-capilar, aumento de glóbulos rojos y de hemoglobina en sangre, pero los deportistas que viven a nivel del mar y van a la altura a competir la realizan realizar ejercicio intenso, suman a esta deficiencia, la de disminuir el tiempo de exposición de los gases por aumento del volumen minuto sanguíneo con lo que sienten disnea (sensación de falta de aire). B: En reposo y normalmente entre una presión de 10 y 70 mm Hg de O₂, se puede descargar todo el O₂ hacia los tejidos. C: Esta es una zona que puede ser modificada con el entrenamiento. La Hb se oxigena más por una adaptación al ejercicio crónico. La curva se corre a la izquierda, es decir que la Hb se vuelve más afín, lo que dado el caso de ejercicio, aumenta el margen final de seguridad.

Esto tiene importancia pues la producción final de energía (ATP) dependerá de la oxidación (o sea la mezcla de O₂) con los nutrientes que llegan a las células musculares. A mayor llegada de O₂, mayor posibilidad de oxidación.

2.1.3.4 EXTRACCIÓN

Es la última etapa y depende del gradiente de difusión capilar-tisular. Si la PpO₂ capilar es de 100 mm Hg y la tisular (muscular) en reposo es de 30 y en ejercicio es de 10 mm Hg, el gradiente va a variar entre 70 y 90 mm Hg. Si la PCO₂ capilar es de 40 y la muscular en reposo de 50 y en ejercicio de 70, el gradiente de difusión será entre 10 y 30 mm Hg. Debido a que el CO₂ es muy difusible, no necesita tanta diferencia de presión para su gradiente. O sea que eliminamos con más facilidad el CO₂. Arteria PO₂= 100 alvéolo PO₂= 104 PCO₂= 40 Espirometría PCO₂= 40 vena PO₂= 40 PCO₂= 47 músculo PO₂= 0 a 40 PCO₂=48 Como vimos anteriormente, la ventilación puede graficarse. Se mide con un aparato llamado espirómetro que evalúa las diferentes capacidades ventilatorias.

Luego con ellas se pueden realizar fórmulas que nos otorgan datos importantes en la evaluación de una persona realice o no actividad física, (parámetros respiratorios). Existen espirómetros de campana y otros que analizan directamente la composición del aire en forma computarizada. Parámetros respiratorios VO₂: Es el consumo de oxígeno. Mide la diferencia de concentración del O₂ entre el aire ambiental y el espirado. Se supone que esta diferencia es lo que quedó en el organismo. El espirómetro analiza la concentración de O₂ del aire que espira el sujeto y se la resta a la concentración de O₂ del aire ambiental. Es decir que lo que el sujeto finalmente consume de O₂ dependerá de la ventilación, de la circulación o transporte sanguíneo, y de la extracción del tejido muscular, como hemos visto anteriormente. Cualquier problema ventilatorio (asma o fumador), de transporte (anemia), o de extracción (disminución de células o mitocondrias en sujetos no entrenados) me darán como resultado una disminución del VO₂ máximo. Supongamos que ventila por respiración completa 500ml en reposo. Si su frecuencia respiratoria es de 12 por minuto, moviliza 6 litros de aire en un minuto cuando está en reposo. Si calculamos que el VO₂ en reposo es de 3,5 ml/kg/min (1 MET), y el sujeto pesa 70 kg, su VO₂ sería de $70 \times 3,5 = 245$ ml/min. Entonces si ventila 6 litros (6.000 ml) de aire por minuto, para consumir 245 ml de O₂, la pregunta sería ¿cuánto aire debe mover para consumir 1.000 ml (un litro) de O₂ ? si $245 = 6.000$ ml, 1.000 ml = 6.000×1.000 dividido $245 = 24.490$ ml o aproximadamente entre 24 y 25 litros de aire. VCO₂: Es el CO₂ del aire espirado comparado con el del aire ambiental (mide el CO₂ que produce el organismo). Recordemos que el CO₂ lo produce cada célula como producto final del metabolismo celular. CR: Es el cociente respiratorio que surge de la siguiente fórmula: $CR = VCO_2 / VO_2$

Representa el tipo de combustible que se utiliza. Si su valor es cercano a 1 el combustible utilizado es carbohidrato y si es cercano a 0,7 son ácidos grasos. Tiene factores de error que pueden alterar los resultados, por ejemplo si se hiperventila por nerviosismo, o por falta de entrenamiento, como el CO₂ es más difusible se acerca a 1. Esto tiene que ver con la

cantidad de O₂, e Hidrógenos que tienen las grasas y los carbohidratos para que el producto final consuma más O₂ o produzca más CO₂ y varíe el VO₂ y el VCO₂ de su fórmula. CRM: Es la Capacidad respiratoria máxima. Se le solicita al sujeto que hiperventile por 15 y se calcula cuánto ventila en un minuto. Lo normal es que de 140 litros/min. Va a variar según el sujeto esté entrenado, que no sea fumador o tenga problemas ventilatorios. VEF: es el volumen espiratorio forzado. Se solicita al sujeto que luego de una inspiración máxima, exhale profundamente. VEF 1: También denominado índice de Tiffenau. Es el volumen de espiración forzada en el primer segundo. Luego de una inspiración máxima se le pide que espire lo más rápidamente el aire. Esto es útil para diagnosticar asma donde lo que cuesta es sacar el aire de los pulmones en la unidad de tiempo. Lo normal es que sea el 80% de la CPT (capacidad pulmonar total) en sujetos de 25 años. O sea que si la CPT es de 5 litros el VEF1 sería de 4,2 litros. Es mayor en deportistas y luego disminuye progresivamente con la edad. Puede estar disminuido en asmáticos. Flujo Medio Máximo Espiratorio (FMME): Consiste en medir dentro de la misma prueba del VEF1 la capacidad espiratoria entre el 25% y el 75% desde el inicio hasta la espiración máxima. Luego se ve por segundo y su valor es de aproximadamente 4 litros.

Curva Flujo-Volumen: Se pide al sujeto que realice una inspiración máxima y luego una espiración forzada, pero esta vez no se grafica en el tiempo (segundos), sino el flujo de aire respecto del volumen total. El flujo de aire representa lo que pasa desde los alvéolos hacia el exterior, y el volumen representa la capacidad de la vía aérea. Esto puede servir para diferenciar una persona que tiene un problema obstructivo (falta de elasticidad pulmonar) con otro que posee un problema restrictivo (asmático al que le cuesta sacar el aire hacia afuera). Ambos poseen la CPT disminuida, pero al obstructivo le cuesta en general, y al asmático le cuesta sacar la última parte de la CPT. CPT (normal) Flujo Obstructivo Asma Volumen Equivalente Ventilatorio: Es igual a una fórmula que lo representa de esta manera: $EqV = VO_2/VP$ La ventilación pulmonar aumenta hasta un determinado límite en el

cual aumenta mucho más. Esto es un umbral. Es decir que hiperventila para eliminar el exceso de CO₂ pero no por eso aumenta el VO₂.

Hasta el 60% de la intensidad de ejercicio (del VO₂ máximo) la ventilación aumenta linealmente al VO₂, luego la VP aumenta logarítmicamente. El control de la respiración es el único sistema que puede ser regulado de ambas maneras: 1. Involuntario 2. Voluntario

1 .A nivel involuntario, los centros respiratorios se encuentran en el bulbo. De allí parte el estímulo por la médula espinal (asta anterior de la sustancia gris medular a nivel cervical alto) de donde parten los nervios frénicos derecho e izquierdo. Estos nervios son los que estimulan al músculo: Diafragma (que es el músculo respiratorio más importante y que posee fibras estriadas). Esto nos permite respirar sin tener que pensar en ello (Ej. al dormir). 2.El control voluntario parte de la corteza cerebral y modifica sustancialmente la respiración. Podemos inhibir la inspiración momentáneamente (especialmente al hablar, reír, toser, etc.). La función básica de la respiración es mantener el oxígeno constante en sangre para ser utilizado por los tejidos y eliminar dióxido de carbono. La inspiración se produce en forma activa, por la contracción del músculo diafragmático (músculo que relajado posee una concavidad hacia el tórax, ya que separa tórax de abdomen) y que al contraerse se horizontaliza, arrastrando consigo las pleuras pulmonares y por presión negativa expande las bases de los pulmones. La presión negativa ejercida en reposo se calcula en -2,5 mm Hg pero en el ejercicio -30 mm Hg. El diafragma durante el reposo puede descender 1,5 cm, pero en el ejercicio puede hacerlo en 7,5 cm. Esto produce la distensión alveolar con la consiguiente entrada de aire. El diafragma está, como dijimos, separando tórax de abdomen. Es un músculo horizontal, inervado por el nervio frénico. Existe un frénico derecho y otro izquierdo que inervan cada lado respectivo del mismo músculo diafragmático. Generalmente solo usamos este músculo para la inspiración, pero si tuviéramos alguna obstrucción,

para hacer más fuerza se encuentran otros músculos inspiratorios accesorios llamados intercostales, el serrato mayor, el pectoral, escalenos, esternocleidomastoideos y los dorsales. Todos mancomunadamente tratan de ensanchar la caja torácica. En el ejercicio al necesitar más aire ponemos en juego estos músculos accesorios también. En síntesis La espiración se produce pasivamente, durante el reposo, pero durante el ejercicio existen los músculos accesorios que pueden ayudar en forma activa (intercostales, esternocleidomastoideo, serratos, abdominales superiores, pectorales, dorsales, etc.). También en el asmático, la espiración es activa. La inspiración pasiva la podemos imaginar como lo que sucede al extraer sangre con una jeringa. Al tirar del émbolo de la misma, generamos una presión negativa que hace que la sangre penetre en la cavidad de la misma. De la misma manera el diafragma arrastra los pulmones hacia abajo al chupar las pleuras que recubren el pulmón, permitiendo que se llene de aire sus cavidades. La presión negativa generada al ensanchar la jaula torácica tiene efecto de bomba aspirativa. Al llenarse del aire atmosférico, los pulmones pueden realizar la hematosis o intercambio gaseoso, o sea aprovechar el O₂ en la inspiración y eliminar el CO₂ en la espiración. La distensibilidad pulmonar o Compliance pulmonar es una propiedad importante pues será lo que limite al pulmón para cargarse del mayor aire posible. Al tratar de inflar un globo, existe una resistencia a la entrada de aire llamada elástica. Si trato de inflar un globo con un tubo previo, se le suma a esto otra resistencia no elástica. De la misma manera la resistencia elástica está dada por la distensibilidad o compliance pulmonar y la no elástica está dada por la vía aérea. A esto hay que agregarle que por ejemplo, si existe una faja sobre el tórax, el pulmón podrá distenderse menos con cada respiración, con lo que la ventilación se verá disminuida. Esto puede suceder al usar fajas con el propósito de transpirar, lo que no es efectivo ni conveniente. Igualmente si alguien se fractura algunas costillas, el dolor hará que el pulmón no se distienda correctamente, disminuyendo la entrada de aire.

Ídem ante el aplastamiento, por ejemplo por un derrumbe o por el volante de un auto tras un choque. Los alvéolos están dispuestos de manera tal que cuando uno se colapsa, distiende al vecino traccionando el tabique y sobre distendiéndolo en forma compensatoria. Esta influencia hace que se sincronice la insuflación de los alvéolos.

Si el pulmón se infla, se dispara en forma refleja la espiración, y si el pulmón se desinfla, se ve favorecida la inspiración. Este reflejo es poco importante cuando el sujeto respira e reposo, pero pasa a tener más predominancia cuando se realiza ejercicio. Las sustancias nutritivas son degradadas en el organismo para obtener energía. Es decir, necesitan oxígeno para metabolizarse (procesos aeróbicos). Hay momentos en los que no se usa oxígeno (procesos anaeróbicos). En ambos casos y especialmente más en los procesos anaeróbicos, se producen productos del metabolismo que son el ácido láctico y el CO₂ (entre otros). Estos productos acidifican el medio interno, la sangre. Esto disminuye el pH del medio interno y se estimula la ventilación para que el CO₂ pueda ser eliminado por la respiración. (El pH es el grado de acidez del medio interno). ¿Cómo se regula esto? Hay quimiorreceptores (pequeños órganos receptores de estímulos químicos, como lo son a la disminución de O₂, el aumento de CO₂ o la disminución del pH) que están ubicados en el bulbo (sistema nervioso central) y otros ubicados en la Aorta y las carótidas (arterias principales) que mandan información al centro respiratorio del cerebro para aumentar la frecuencia respiratoria y el volumen respiratorio y así eliminar rápidamente el CO₂ y obtener oxígeno cuando el organismo así lo requiera. Ej.: durante el ejercicio. O sea que al aumentar el CO₂ de la sangre o al disminuir el pH por la producción de ácidos (situación de ejercicio físico), los quimiorreceptores provocan el aumento de la ventilación para compensar la situación. Es por eso que hiperventilamos durante el ejercicio y lo seguimos haciendo post esfuerzo, hasta que se normalice el pH.

Si la PCO_2 aumenta o el pH disminuye, se producirá aumento de la ventilación para eliminar el CO_2 y disminuir la acidez. Si la PO_2 disminuye a menos de 60 mm Hg en sangre, solo los receptores periféricos lo detectarán (aórtico y carotídeos), y aumentarán la ventilación para lograr una mejor saturación con la hemoglobina.

El control voluntario que rige durante la fonación, la risa, el llanto o la hiperventilación que se realiza antes de la apnea (buzos) pueden producir alteraciones importantes en los gases sanguíneos. Esta vía va directamente desde la corteza del cerebro, por vía piramidal espinal hacia el diafragma.

2.1.4. VENTILACIÓN DURANTE EL EJERCICIO CONTINUO

Durante el ejercicio físico continuo, por ejemplo un trote, existen distintas etapas ventilatorias:

1) Hiperventilación anticipada al ejercicio. Se cree que por estímulo cortical (el cerebro ya sabe que va a realizar actividad y aumenta su ansiedad o estrés) con lo que se aumenta la frecuencia y profundidad respiratoria antes de comenzar la actividad física.

2) Apenas comienza el movimiento, los husos neuromusculares producen mayor hiperventilación.

3) La PCO_2 , la PO_2 y el pH a través de los quimiorreceptores regulan la ventilación acelerándola más aún. En la meseta es porque se logra un estado estable respiratorio (ritmo muchas veces preconocido por el deportista y que le da cierta comodidad al continuar el ejercicio en esa misma intensidad).

5) Si aumenta la intensidad, vuelve a aumentar el ritmo respiratorio, pues debe volver a adaptarse al cambio bioquímico en su sangre.

6) La hiperventilación que sucede post ejercicio se debe al tiempo que necesita el deportista para eliminar el CO_2 producido y para regularizar el pH

disminuido aún terminado el trabajo físico, por eliminación de hidrogeniones y remoción del lactato (el tiempo será menor en el sujeto más entrenado). Posiblemente la puntada de costado que se experimenta al iniciar el ejercicio, sea por el trabajo anaeróbico al que se somete al mismo músculo diafragmático hasta que se redistribuye el flujo sanguíneo. Debemos mencionar que los movimientos de las articulaciones durante la actividad física, producen en forma refleja un aumento de la ventilación respiratoria. Esto tiene importancia e interdependencia, ya que si a la inversa una persona ventila más por consumir bicarbonato (como ayuda ergogénica), se produce mayor hiperventilación y puede afectar la biomecánica de la carrera. Es por eso que el uso de modificadores del pH (bicarbonato y aspartato de sodio o de potasio) si bien están permitidos por el COI (Comité Olímpico Internacional), no se sabe hasta qué punto benefician o no en los resultados finales de una carrera. Generalmente luego de un trabajo predominantemente anaeróbico, por ejemplo correr 400 u 800 metros, el deportista realiza flexión coxofemoral, relajando el torso hacia delante en flexión profunda. **(Minuchin, 2008)**

2.2 FRECUENCIA CARDIACA.

“Se define la frecuencia cardiaca como las veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado de sus cámaras en un determinado tiempo. Por comodidad se expresa siempre en contracciones por minuto, ya que cuando nos tomamos el pulso lo que notamos es la contracción del corazón (sístole), es decir cuando expulsa la sangre hacia el resto del cuerpo.

El número de contracciones por minuto está en función de muchos aspectos y por esto y por la rapidez y sencillez del control de la frecuencia hace que sea de una gran utilidad, tanto para médicos, como para entrenadores y como no, para aficionados al deporte o deportistas profesionales.”

2.2.1 FACTORES QUE AFECTAN LA FRECUENCIA CARDIACA

2.2.1.1 La edad

La frecuencia basal (la mínima) más alta la tenemos nada más nacer, desde ese momento va descendiendo con la edad. Sobre la frecuencia máxima los pre-puberales más que los adolescentes y estos menos que los adultos. La frecuencia máxima más alta se alcanza entre los 8 y 10 años. Algunos estudios afirman que la mayor diferencia entre la basal y la máxima se alcanza después de la pubertad y esta diferencia va disminuyendo con la edad.

2.2.1.2 La hora del día

Diferentes variables temporales afectan también al número de pulsaciones por minuto de cualquier individuo. Por ejemplo por la mañana tenemos menos pulsaciones que por la tarde. Después de comer, mientras hacemos la digestión y en función de la cantidad y tipo de la comida podemos tener entre un 10 y 30% más de pulsaciones que en reposo. El sueño o el cansancio disminuyen las pulsaciones. Cuando dormimos alcanzamos picos de frecuencia basal, las mínimas pulsaciones por minuto con las que podemos continuar viviendo.

2.2.1.3 La temperatura

Cuanto más calor más altas las pulsaciones y de la misma manera cuanto más frío más bajas las pulsaciones.

2.2.1.4 La altura

Cuanto más alto menos oxígeno tenemos en el aire que respiramos y por lo tanto el corazón tiene que bombear más para obtener el mismo oxígeno.

2.2.1.5 La contaminación

Algunos componentes de la contaminación como el monóxido de carbono empujan al oxígeno disminuyendo la cantidad de este en cada litro de aire. Por lo que el corazón actúa igual que si faltara oxígeno aumentando las pulsaciones para poder mantener el consumo del oxígeno.

2.2.1.6 La genética

Afecta en gran medida a todos los aspectos de las pulsaciones por minuto, afecta tanto a las pulsaciones en reposo, como a las máximas o como al rango aeróbico de funcionamiento. Estos valores son muy entrenables pero la progresión de estos también estará en gran medida dictados por la genética. También algunos aspectos dictados por la genética como la talla, o el género afectan a la frecuencia.

2.2.1.7 El género

Las mujeres por término medio tienen entre 5 y 15 pulsaciones más por minuto que los hombres.

2.2.1.8 Somatotipo o composición corporal

Las personas más altas tienen las pulsaciones más bajas que los más bajos y los delgados menos que los gordos. Los musculados más que los no musculados. En este último apartado quiero señalar que me refiero a musculados de forma natural. Somatotipo o morfología humana.

2.2.1.9 Las psicológicas

Los estados que aumentan la sensación de alerta, como los nervios, la ansiedad, el miedo, el amor o la excitación sexual aumentan las pulsaciones, en algunos casos pudiendo llegar al máximo sin actividad física paralela. Y por el contrario los estados que rebajan el nivel de alerta también rebajan las pulsaciones por minuto, estos estados pueden ser el sueño, la relajación, la satisfacción o la calma.

2.2.1.10 La postura

Tumbados es cómo podemos obtener la más baja frecuencia y bípedos (de pie) la más alta. Esta diferencia entre las pulsaciones que un sujeto tiene tumbado y las que tiene de pie, es una forma rápida y fiable de ver el estado de forma de ese individuo. Cuanto más alta sea la diferencia menos preparación física tendrá el sujeto.

2.2.1.11 El metabolismo

El metabolismo propio de cada persona afecta a su frecuencia cardiaca basal o a su frecuencia cardiaca en reposo y también a la frecuencia cardiaca máxima.

2.2.1.12 El control mental

Algunos maestros del yoga consiguen controlar el ritmo cardiaco mediante la concentración. Normalmente dentro de ciertos límites gracias a la relajación o al aumento del stress mediante la concentración.

2.2.1.13 Medicamentos

Algunos medicamentos pueden alterar las pulsaciones normales, ya sea al alza o a la baja. Normalmente psicodpresores suelen bajar las pulsaciones son medicamentos como la benzodiacepina. Al contrario los estimulantes o los llamados psicoestimulantes como ejemplo la anfetamina.

2.2.2 FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO

“La frecuencia cardiaca en reposo de promedio es de 60 a 80 latidos/min. En individuos sedentarios, desentrenados y de mediana edad el ritmo en reposo puede superar los 100/min. En deportistas muy en forma que siguen entrenamientos de resistencia, se han descrito frecuencias en reposo que oscilan entre 28 y 40 latidos/min. La frecuencia cardiaca normalmente

decrece con la edad. Se ve afectada también por factores ambientales; por ejemplo, aumenta con la temperatura y la altitud.

Nuestra frecuencia cardiaca previa al ejercicio suele aumentar muy por encima de los valores normales de reposo. Esto se denomina respuesta anticipatoria. Esta respuesta es mediada por la liberación del neurotransmisor noradrenalina desde el sistema nervioso simpático, y la hormona epinefrina desde la glándula adrenal. El tono vagal probablemente también se reduce. Puesto que la frecuencia cardiaca previa al ejercicio es elevada, las estimaciones fiables de la verdadera frecuencia cardiaca en reposo deben hacerse solamente bajo condiciones de total relajación, tales como a primeras horas de la mañana al levantarse después de un sueño reparador durante la noche. La frecuencia cardiaca previa al ejercicio no debe usarse como estimación de la frecuencia cardiaca en reposo”.

2.2.3 FRECUENCIA CARDIACA DURANTE EL EJERCICIO.

“Desde los deportistas amateurs hasta los profesionales tienen que tener una vinculación constante entre el ejercicio físico y la frecuencia cardiaca. Cada ejercicio tiene un objetivo dentro del sistema energético de nuestro metabolismo.

Los objetivos simplificados pueden ser: aeróbicos de larga resistencia; aeróbicos de media resistencia; aeróbicos de alta intensidad; anaeróbicos lácticos; anaeróbicos alácticos o cada zona del sistema tiene sus propias frecuencias cardiacas óptimas, no son siempre las mismas, ya que cada persona, sobre todo los deportistas de alto nivel, tienen unas adaptaciones diferentes.”

2.2.4 FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA

¿Para qué sirve la frecuencia cardiaca máxima? (FCmax), desde esta cifra se pueden calcular el ritmo cardiaco que tenemos que llevar según el trabajo que queremos hacer. Ejemplo, si tenemos una frecuencia cardiaca máxima de 190 y queremos trabajar en la zona aeróbica intermedia del 60% al 70% tendremos que ir a 115 y 130 pulsaciones por minuto.

Disponemos de varias ecuaciones que nos permiten conocer la frecuencia cardiaca máxima (FCmax), sin tener que probarlo con un sobre esfuerzo máximo, desde las más sencillas en la que no necesitamos de ningún aparato hasta las más fiables que son necesarias pruebas de esfuerzo monitorizadas.

2.2.4.1 FORMULA GENERAL PARA CALCULAR LA FCMax.

La fórmula general (Fox y Haskell) y la más usada, pero la menos fiable, es la que dice que solo tenemos que restar a la cifra fija de 220 nuestra edad en años, ejemplo: $220 - 30 \text{ años} =$ a una frecuencia cardiaca máxima de 190. Esta fórmula tiene varios inconvenientes considerables, primera que no tiene en cuenta el punto de partida, no es lo mismo tener 70 pulsaciones en reposo que 50 a la hora de ver las pulsaciones ideales de trabajo. Otra es el género, la mujer, por término medio, tiene las pulsaciones más altas que los hombres por lo cual sus pulsaciones para un trabajo dado deberían ser ligeramente superiores que en los hombres. Las pulsaciones del sujeto A para un trabajo al 60% = $220 - 30 = 190$ al 60% = 114

Las pulsaciones del sujeto A para un trabajo al 90% = $220 - 30 = 190$ al 90% = 171

Aun así se puede decir que funciona con algunas matizaciones, las mujeres deberían restar a su edad una cifra que ronde los 225/228 y según la actividad que realicemos deberíamos sumar entre 10 y 20 pulsaciones a la cifra de trabajo. Por ejemplo:

En el caso anterior $220-30=190$ al 60% = 114 le sumamos 15 = 129

En el caso anterior $220-30=190$ al 90% = 171 le sumamos 15 = 186

Cualquiera que haya realizado deporte sabe que este segundo cálculo se acerca más al trabajo real. Aun así disponemos de más formulas.

2.9.2 OTRAS FORMULAS PARA CALCULAR LA FC_{MAX}

$$FC_{max} = 205.8 - (0.685 * \text{edad en años})$$

$$FC_{max} = 206.3 - (0.771 * \text{edad en años})$$

$$FC_{max} = 217 - (0.85 * \text{edad en años})$$

$$FC_{max} = 208 - (0.7 * \text{edad en años})$$

Estas ecuaciones son de distintas universidades americanas y la última la expone Pedro Ángel López Miñarro en su libro.

Pero aun así estas no diferencian a las mujeres de los hombres, aunque algunas de ellas a la hora de calcular las intensidades desde el resultado de la ecuación si propugnan una diferencia de estas en 5+/-.

Tenemos otra fórmula para calcular por géneros donde tenemos que conocer el peso del sujeto.

$$\text{Para hombres } FC_{max} = ((210 - (0,5 * \text{edad en años})) - 1\% \text{ del peso}) + 4$$

$$\text{Para mujeres } FC_{max} = (210 - (0,5 * \text{edad en años})) - 1\% \text{ del peso}$$

El conocimiento de la frecuencia cardiaca máxima es útil para luego conocer los rangos de pulsaciones a las que tenemos que trabajar según la intensidad del ejercicio, para esto podemos realizar un porcentaje directo o utilizar el método de karvonen.

Ritmo Cardíaco Máximo Teórico (RCMT)

$$\text{RCMT Mujeres} = 214 - (0.8 \times \text{Edad})$$

$$\text{RCMT Hombres} = 209 - (0.7 \times \text{Edad})$$

Reserva de Ritmo Cardíaco (RRC)

$$\text{RRC} = \text{RCMT} - \text{Ritmo Cardíaco Basal}$$

Ritmo Cardíaco de Entrenamiento (RCE)

$$\text{RCE} = (\text{RRC} \times \% \text{ Intensidad}) + \text{Ritmo Cardíaco Basal}$$

2.2.5 RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Con el objetivo de facilitar esta tarea a los miles de deportistas que simplemente quieren mejorar su condición aeróbica dentro de unos parámetros racionales asociados a su edad y condiciones, presentamos el concepto de frecuencia cardíaca de recuperación. Concepto ampliamente estudiado por médicos y fisiólogos del ejercicio pero desconocido por la mayoría de los usuarios.

Desde hace tiempo viene utilizándose la actividad cardíaca para el estudio del estado de forma de los deportistas así como para la adecuación de los entrenamientos.

Durante el ejercicio, la frecuencia cardíaca aumenta por tres motivos: aumento de la actividad simpática, descenso de la actividad parasimpática y autorregulación homeométrica (la distensión aumenta la actividad del nódulo sinusa (**Chicharro & Fernández, 2006**)).

Estas respuestas ocurren en el organismo como consecuencia de un mayor requerimiento del organismo a todos los niveles y como es lógico y de esperar, estos requerimientos disminuyen con el cese del ejercicio.

Es entonces cuando nos encontramos con la ya citada frecuencia cardiaca de recuperación, parámetro que nos indica la capacidad del organismo de descender su frecuencia cardiaca con el comienzo del cese del ejercicio. “La recuperación de la frecuencia cardiaca después de un esfuerzo protocolizado es más rápida cuanto mayor sea la aptitud y preparación física del deportista o su nivel de entrenamiento.” **(Chicharro & Fernández, 2006)**

Como vemos, la actividad cardiaca nos ofrece una información muy amplia sobre la situación del deportista, por eso a lo largo de la historia han sido tres las vías para utilizar concretamente a la frecuencia cardiaca como parámetro de estimación de la aptitud física **(Barnaby, 2002)**.

1. “Estudios basados en las técnicas inicialmente descritas por Astrand y modificados posteriormente por otros autores, permiten efectuar una estimación indirecta de la aptitud aerobia máxima del deportista (VO₂ max) valorando con protocolos estandarizados la frecuencia cardiaca alcanzada en trabajos de intensidad submáxima.

2. El seguimiento continuado de la frecuencia cardiaca a lo largo de ejercicios de intensidad creciente posibilita conocer la evolución de la frecuencia cardiaca y la potencia de trabajo a partir de la cual se pierde la proporcionalidad con la intensidad del esfuerzo. Estimaciones del umbral anaerobio de Conconi.

3. La valoración de la frecuencia cardiaca durante la fase de recuperación posterior a un esfuerzo adecuadamente protocolizado, es un procedimiento clásico que merecería una cierta reutilización en aplicación a colectivos numerosos. La recuperación es tanto más rápida y eficaz cuanto mayor sea la aptitud física del deportista o su nivel de entrenamiento. Una recuperación lenta de la frecuencia cardiaca de reposo es indicativa de entrenamiento insuficiente, inadecuado o de sobre entrenamiento. La

pruebas más utilizadas son las que se basan en el test de Ruffier Dickson, el Cat test, test de Zintl y el test de Lian.

Por lo tanto, y una vez determinadas las tres vías de trabajo con la frecuencia cardiaca, como bien indica el objetivo de este trabajo, nosotros nos centraremos en la 3ª opción (La frecuencia cardiaca de recuperación).

Revisándolos artículos más recientes sobre el tema encontramos otras conclusiones que apoyan nuestra teoría de utilizar este parámetro ya que nos aportan información muy interesante.

La frecuencia cardiaca de recuperación difiere en el caso de realizar un descanso activo o pasivo (mejor segundo que primero), y en el caso de realizar un ejercicio en un cicloergómetro o en una cinta andadora (mejor primero que segundo) **(De Araujo & Matos, 2005)**.

“En otra línea más general, son muchos los estudios que demuestran que la frecuencia cardiaca de recuperación es un parámetro muy útil para la detección precoz de mortalidad en sujetos a causa de alteraciones cardiovasculares. **(Shetler, Marcus, Froilicher, & Shefali, 2001)**.

Como vemos con lo anteriormente expuesto, el interés que ha suscitado este parámetro dentro de la comunidad científica ha sido muy grande, lo cual dota al mismo de una fidelidad muy alta a la hora de trabajar con él.

Estudios anteriores a los citados, señalan este parámetro como un buen indicador de la capacidad aeróbica de los sujetos. Como consecuencia, aparece el índice de recuperación cardiaca en el 2º minuto posterior al esfuerzo máximo (IR2), descrito por Lamiel Luengo en 1988 como el cociente de caída de la frecuencia cardiaca en el 2º minuto post esfuerzo con respecto a la relación existente entre la frecuencia cardiaca máxima

teórica y la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo gradual.

Si siguiésemos profundizando comprobaríamos que son varias las hipótesis acerca del tiempo recomendado para la toma de la frecuencia cardíaca de recuperación ya que unos abogan por hacerlo al minuto de acabar, otra vertiente se decanta por los dos y finalmente son 5 minutos los que aseguran otros autores como necesarios.

Puesto que no creo conveniente el seguir ahondando en el tema, personalmente aconsejo hacerlo a los dos minutos ya que considero que hay un espacio adecuado entre las dos tomas no siendo tan precipitado como en la toma al minuto del cese, o tan prolongado como en la toma tras cinco minutos.

Por todo lo aquí expuesto podemos considerar la frecuencia cardíaca de recuperación como un parámetro útil para todo aquel que quiera evaluar su estado de forma (condición aeróbica) de una manera sencilla ya que simplemente con un cronometro y con una correcta toma de pulsaciones podemos determinar nuestro valor de recuperación.

Así, la manera de proceder será determinando nuestra frecuencia cardíaca nada más finalizar la prueba (sería más efectivo contar con un pulsómetro para obtener el valor nada más acabar) y seguidamente volver a tomárnosla o bien al cabo de un minuto, al cabo de 2 o al cabo de 5. (Aunque parezca una obviedad recordar que todos los días deberemos hacerlo con la medida que hayamos elegido y siempre después de un mismo ejercicio).

Con estos dos datos en nuestro poder, procederíamos a restarlos para anotar su valor de manera que vayamos comparando nuestras mejoras con el paso de los días y de los entrenamientos.

Por comodidad recomiendo que las tomas se realicen durante 15 segundos (multiplicar seguidamente x 4) y en la arteria carótida.

Un entrenamiento adecuado a nuestra edad y condición acompañado del asesoramiento de un buen profesional de la actividad física dará resultados reales y observables.

TABLA 1. " (Personalmente aconsejo olvidarse de tablas ya predefinidas como esta ya que las pulsaciones de cada individuo son idiosincrásicas y lo ideal es controlar la progresión individual. A pesar de todo, a modo orientativo, la presente muestra unos valores aproximados tras 5 minutos de trabajo realizado hasta nuestra frecuencia cardiaca máxima)." (Ayres, 2010)

Tabla 1. FRECUENCIA CARDIACA DE RECUPERACIÓN

Pulsaciones a los cinco minutos de haber acabado el esfuerzo	
Por encima de 130 pulsaciones/minuto	Mal
130-120 pulsaciones por minuto	Suficiente
120-115 pulsaciones por minuto	Satisfactorio
115-105 pulsaciones por minuto	Muy bien
Por debajo de 100 pulsaciones por minuto	Nivel alto rendimiento

Fuente: (Mc Ardle, Katch, Katch, & Ardle, 2004)

2.3 FISILOGIA DEL LACTATO

El lactato es un compuesto orgánico formado por carbón, hidrógeno y oxígeno. La fórmula química del lactato es $C_3H_5O_3$ y se produce de forma natural en el organismo de cada persona. Además de ser un producto secundario del ejercicio, también es un combustible para ello. Se encuentra en los músculos, la sangre y varios órganos. El organismo humano lo necesita para funcionar apropiadamente. El ácido láctico es el producto final de la glicólisis, siendo su fuente primaria la descomposición de un carbohidrato llamado glucógeno, el mismo se descompone y se convierte en una sustancia llamada piruvato, siendo su fórmula química $C_3H_3O_3$ muy parecida al lactato, durante este proceso se produce energía. Muchas veces nos referimos a este proceso como energía anaeróbica porque no utiliza oxígeno. Cuando el piruvato se descompone aún más, produce más energía, y su proceso de transformación se produce en presencia de O_2 en las mitocondrias musculares. Esta energía es aeróbica porque este proceso adicional utiliza oxígeno. Si el piruvato no se descompone generalmente se convierte en lactato, estando presente en nuestro sistema mientras descansamos y durante nuestras actividades cotidianas, aunque a niveles muy bajos.

2.3.2 COMO SE PRODUCE

El lactato se produce en nuestro organismo todo el tiempo, sin embargo cuando incrementamos la intensidad de nuestro ejercicio o nuestras actividades de trabajo, se producen grandes cantidades de piruvato rápidamente. Debido a que el piruvato puede ser rápidamente producido no todo es utilizado como energía aerobia ya descrito anteriormente. El exceso del piruvato se convierte en lactato. Es por esa razón que el lactato es una señal tan importante para el entrenamiento. Cuando es producida indica que la energía aeróbica es limitada durante la actividad.

Existe otra razón por la cual se produce más lactato, y se evidencia cuando se realiza o incrementa la intensidad del ejercicio, ya que se reclutan cantidades adicionales de fibras musculares. Estas fibras se utilizan con poca frecuencia durante el descanso o las actividades ligeras, muchas de estas fibras son de contracción rápidas las cuales no tienen mucha capacidad de convertir el piruvato en energía aeróbica, por lo que hay una mayor producción de lactato.

Dentro del dinamismo del lactato, al producirse este, el mismo intenta salir de los músculos para incorporarse en músculos cercanos, a los líquidos intersticiales celulares y al flujo sanguíneo.

Cuando el lactato es aceptado por otro músculo este se convertirá nuevamente en piruvato, siendo utilizado para energía aerobia. Durante el entrenamiento deportivo al incrementarse las enzimas el piruvato se convierten rápidamente en lactato y este en piruvato. El corazón utiliza el lactato como combustible, puede ir al hígado y ser convertido nuevamente en glucosa o glucógeno, por lo que puede variar rápidamente de una parte del cuerpo a otra, existiendo evidencia de que algunas cantidades de lactato se vuelven a convertir en glucógeno dentro del músculo.

2.3.3 EFECTOS

Muchos se preguntaran si el lactato es dañino o no, cuando este es producido a nivel muscular se producen iones de hidrógeno excesivos junto con el lactato, al existir una acumulación sustancial, los músculos se vuelven más ácidos, estos iones de hidrógenos son los causantes de problemas en la contracción de los músculos durante el ejercicio, describiéndose una sensación de “quemar o apretar”. Cuando el lactato es producido junto a este se produce el ión de hidrógeno saliendo juntos cuando salen de las células. La sensación de quemar es realmente un mecanismo de defensa contra el daño de los músculos, al existir demasiada acidez esta puede

descomponer la fibra muscular, durante el entrenamiento excesivo se producen altos niveles de ácidos.

Lo anterior demuestra que el lactato no es la causa de la fatiga muscular, pero está estrechamente relacionada con los iones de hidrógenos causantes de la acidez, y por ende de la fatiga, por lo que debe ser una preocupación para los atletas y sus entrenadores, existiendo dos valoraciones importantes. En primer lugar, si el atleta pudiera producir menos lactato o despejarlo más rápidamente de sus músculos, el proceso reduciría los iones de hidrogeno.

La clave para el éxito atlético según investigaciones recientes es poder despejar el lactato del músculo donde es producido, eso no significa que no sea importante una producción menor de lactato. Si existe un buen entrenamiento por parte de un atleta existirá una mayor posibilidad de que su cuerpo transportará el lactato a otro lugar rápidamente resolviendo el problema de tener mayor cantidad del mismo en los músculos, permitiendo que el atleta pueda mantener niveles altos de esfuerzo durante más tiempo.

2.3.4 ACLARADO DEL LACTATO

El termino despejar según la bibliografía utilizada describe el efecto de dos procesos separados pero relacionados.

En primer lugar nos referimos al proceso mediante el cual el lactato es removido o despejado de los músculos, evidenciándose a través de la elevación de los niveles de lactato en sangre cuando este sale de los músculos, lo esperado es cuando el lactato se mueve de mayor a menor gradiente de concentración.

En segundo lugar nos referimos al proceso donde el lactato es removido del flujo sanguíneo. Algunas veces se refiere como la desaparición del lactato. Al medir el entrenador el lactato en sangre de un atleta, este debe estar observando el efecto neto de los procesos de aparición y de desaparición. La literatura consultada refiere que durante una sesión de

entrenamiento en estado fijo, cada uno de los procesos contrarresta al otro, por lo que el proceso de remover o despejar el lactato de la sangre, ayuda a que este se despeje de los músculos que lo producen, que también es donde existirá el problema, siendo esto uno de los conceptos más importante para el entrenamiento.

2.3.5 ESTADO FIJO DEL LACTATO

Trataremos de explicar esta terminología: Si un atleta nada, corre, monta la bicicleta, entre otros eventos. A una velocidad constante o esfuerzo constante durante un tiempo de más de 10 minuto, se estará ejecutando una sesión de ejercicio en estado fijo, el nivel de lactato variará al principio, pero eventualmente el nivel de lactato se asentará en un nivel constante. Se comete un grave error en considerar como definición de las sesiones de entrenamiento en estado fijo aquellas en las cuales la tasa de latidos del corazón es constante durante el entrenamiento, ya que los tipos de sesiones no producen el mismo efecto de entrenamiento.

Valoremos el significado de los niveles de lactato en sangre para un atleta, medir este, nos permite en primer lugar conocer una de las mejores señales para el éxito del entrenamiento.

2.3.6 LOS NIVELES DE LACTATO SANGUÍNEO PARA LOS ATLETAS

La medición de lactato tiene dos usos muy importantes, los cuales mencionamos a continuación:

Primero: el lactato es una de las mejores señales para el éxito en el entrenamiento. Existen tres mediciones de lactato que se deben observar.

El sistema aeróbico - Una de las mejores mediciones del sistema aeróbico es el nivel de velocidad o esfuerzo en el umbral de lactato. Otro método sería utilizar un punto de referencia fijo de lactato, como 4.0 mmol/l. Muchos programas miden el esfuerzo o la velocidad que se necesita para

producir 4.0 mmol/l y mantienen un registro de esto a lo largo del tiempo. Mientras mayor sea la velocidad o el esfuerzo para producir esta cantidad de lactato, más eficiente es el sistema aeróbico.

El sistema anaeróbico - se ha aceptado el nivel máximo de lactato como una medición de cuánta energía produce el sistema anaeróbico. Cuando un atleta está trabajando en su máximo esfuerzo, él o ella generarán mucho lactato. El sistema anaeróbico es más poderoso si está produciendo más lactato en un nivel máximo de esfuerzo. Por lo tanto, el lactato sanguíneo durante un máximo esfuerzo es una buena medida de la cantidad de energía que el sistema anaeróbico ha sido entrenado a producir. Por ejemplo, si un atleta ha incrementado el lactato producido después de un esfuerzo máximo de 10,0 mmol/l a 13,0 mmol/l, entonces este atleta completará su carrera con un tiempo más rápido.

2.3.7 RELACIÓN ENTRE EL SISTEMA ANAERÓBICO Y AERÓBICO

Esta medida es muy importante pero es menos conocida como una señal de adaptación atlética. La única manera en cual se puede medir esta propiedad es mediante una prueba de ejercicio graduado. Es la tasa en cual el lactato se acumula en la sangre mientras la intensidad del ejercicio se incrementa. Dos atletas, mientras incrementan la intensidad, pueden generar incrementos en niveles de lactato sanguíneo a tasas muy diferentes. Para cualquier evento atlético que requiere de un componente anaeróbico sustancial, mientras más lentamente se acumula el lactato en el cuerpo, mejor será el desempeño atlético. Dos atletas que encuentran que sus primeras dos mediciones son iguales, pero que difieren en cuanto a la tasa en cual el lactato se acumula en la sangre, obtendrán diferentes resultados en cuanto a su desempeño. El atleta que acumula el lactato en una tasa más lenta generalmente se desempeñará con mayor velocidad.

Segundo: el lactato es la mejor medición disponible para medir la intensidad de una sesión de entrenamiento. El lactato sanguíneo es una

indicación de que el sistema aeróbico no puede soportar la carga de ejercicio. Por lo tanto, el nivel de lactato indica cuánta presión la sesión está imponiendo sobre el sistema aeróbico. El entrenador debe asegurar que la sesión de entrenamiento produce el nivel apropiado de estrés en el sistema, ni demasiado, ni muy poco.

Semejantemente, si el entrenador quiere presionar el sistema anaeróbico, producir sesiones de tolerancia al lactato, etc., la cantidad de lactato producido es una indicación del éxito de una sesión de entrenamiento.

2.3.8 MEDICIONES DEL LACTATO

Debido a que el lactato juega un papel tan importante en la producción de energía y el desempeño deportista, los fisiólogos del deporte y los entrenadores han desarrollado varias maneras de medir y controlarlo. La manera más común de medir el lactato es mediante una prueba de ejercicio graduado. Por ejemplo, el atleta corre, nada o rema en velocidades progresivamente más rápidas mientras el entrenador, técnico o fisiólogo del deporte mide el nivel de lactato en cada velocidad. El atleta también podría utilizar el ergómetro de una bicicleta estacionaria y utilizar tazas de poder en lugar de velocidad para las mediciones.

Otra alternativa es necesaria para los atletas como los ciclistas, los ciclistas de montaña, los corredores de distancia y los triatletas que compiten en caminos con cuestas y varios tipos de superficies desnivelados. No hay ninguna manera de medir la intensidad de un esfuerzo utilizando únicamente la velocidad, aún si pudieses medir su velocidad. En cambio, un atleta utiliza las tazas de latidos del corazón para calcular el esfuerzo. Esta es una medida muy común porque los monitores de tazas de latidos permiten que un atleta sepa exactamente cuál es su tasa de latidos en cualquier momento. Sin embargo, es una cosa conocer la tasa de latidos, pero es completamente otra saber exactamente qué significa esa tasa de latidos en términos de

estrés en el cuerpo. Las tazas de latidos y el estrés varían sustancialmente de una persona a otra, aún en los mismos niveles de estado físico. Las tazas de latidos deben ser calibradas con una medida de lactato para tener significado.

2.3.9 UMBRAL DE LACTATO

Según manifestaciones de algunos científicos en conclusiones iniciales plantearon la existencia de un punto de esfuerzo en el cual el cuerpo comenzaba a utilizar la energía anaerobia fuertemente, este punto según ellos pertenecen a los cambios respiratorios en los patrones del consumo de oxígeno, en comparación con la producción del dióxido de carbono junto con una inmediata acumulación de lactato en sangre. Debido a que fue un cambio rápido se le aplicó el término umbral, también la creencia de que la acumulación del lactato se debía al incremento del uso de la energía anaeróbica causada por la falta de oxígeno se le agregó el término anaeróbico, motivo por el cual se utiliza “umbral anaeróbico”. El cual no representa un cambio repentino a metabolismo anaeróbico y según el criterio de la mayoría de los especialistas puede ser que no tenga nada que ver con la privación de oxígeno.

Por lo que muchos han comenzado a utilizar los términos como “umbral de lactato” o “comienzo de la acumulación del lactato”, sin embargo sigue siendo el favorito por parte de la mayoría de los entrenadores, atletas, y medios de comunicación el término “umbral anaeróbico”, usado comúnmente para explicar que sucede en los atletas –el nivel de velocidad o esfuerzo que genera un nivel constante de lactato en sangre.

Cualquier aumento en el esfuerzo o velocidad por encima de este nivel causará que el lactato y sus ácidos asociados aumenten en forma constantes y esto sin duda le forzará al atleta a terminar su actividad, el tiempo transcurrido hasta la terminación del ejercicio será consecuencia de cuán por encima del esfuerzo máximo en estado fijo se encuentra el atleta

del evento que está compitiendo, el tipo de atleta, las capacidades fuerza y resistencia y su acondicionamientos.

Para la mayoría de los atletas, el otro umbral, o sea el llamado “umbral del lactato” es el más importante nivel que debe conocer. El umbral de lactato lo utilizamos para referirnos al máximo estado fijo del lactato, siendo el paso máximo que el atleta puede mantener durante un período de tiempo extendido sin acumular cantidades adicionales de lactato. Según especialistas consideran que este paso ejercerá la mayor cantidad de estrés en los músculos.

Obviamente si los atletas, aumentaran su velocidad, ejercerían más estrés y permitiría más adaptación en las fibras que no han sido reclutadas hasta llegar a niveles intensos de ejercicios que se encuentran por encima del umbral de lactato, pero se debe analizar que los esfuerzos por encima del umbral del lactato generan exceso de lactato y cerraran a los músculos en poco tiempo, por lo que el volumen total del ejercicio será menor, agregando además que los esfuerzos frecuentes en niveles por encima del umbral del lactato pueden dañar la estructura celular de los músculos.

Muchos atletas y entrenadores se preguntan ¿Cuánto tiempo puede un atleta entrenar en estos umbrales?, en ningún momento podemos determinar un nivel fijo, ya que este variará de un atleta y otro dependiendo de cuán bien acondicionado estén, el tipo de entrenamiento, su composición muscular, su dieta, su tolerancia para la incomodidad, el ambiente, y otros factores. Se puede sostener el paso en 1.0 mmol sobre la base durante horas, quemando un alto porcentaje de grasa en este paso y nuestro cuerpo tiene suficiente grasa para varias horas de ejercicios. Mucho del entrenamiento para atleta de distancia y resistencia se dirige a entrenar a los músculos a quemar la grasa.

Según investigaciones el tiempo límite en que un atleta generalmente puede entrenar en el “umbral del lactato” es de una aproximación de 60 a 90

min, siendo el factor limitante el combustible para la obtención de energía, en este caso el glucógeno, dependiendo mayormente de los tipos de entrenamientos recientemente utilizado y de la dieta, la no existencia en un atleta de poco glucógeno, los músculos no pueden mantener el paso o el esfuerzo lactato y el atleta perderá velocidad, se necesitan de 36 a 72 horas para reponer los niveles de glucógeno completamente. Similarmente, un atleta que entrena durante un período extendido a nivel de lactato o más, sólo podrá completar una sesión de entrenamiento similar hasta que el glucógeno en el cuerpo haya sido reemplazado, no siempre es así ya que existe atleta que entrenan por encima del umbral, como hay otros, dicho anteriormente que no pueden sostener sesiones de entrenamientos frecuentes a niveles por encima del umbral.

Una pregunta muy interesante sería ¿Cuánto un atleta debe entrenar a niveles sobre el lactato?, ya hemos planteado que esto varía de un atleta a otro, siendo un área de muchas contradicciones, existen estudios que demuestran que el entrenamiento a altas intensidades provee excelentes resultados, aun cuando existen estudios que demuestran que el entrenamiento en niveles menores provee los mejores resultados, por lo que un entrenador puede decir, si hay apuro, debes incluir muchas sesiones de entrenamiento de alta intensidad, no hay otra forma de entrenar a las fibras musculares que no son reclutadas hasta llegar a niveles de esfuerzo de alta intensidad.

Otro entrenador diría viéndolo de otra forma, “estas entrenando simplemente por entrenar”, muy lógico porque las sesiones de entrenamientos al comienzo, generalmente están por debajo del umbral para que el atleta pueda desarrollar una buena base para sus sesiones más intensas en el futuro, por lo que el entrenamiento lo podemos comparar con una escalera. Por lo que es necesario entrenar en el primer peldaño, antes de poder entrenar en el próximo. Mientras uno sube la escalera, el cuerpo tiene mayor capacidad de soportar el entrenamiento en altas intensidades,

dependiendo del deporte, la cantidad de tiempo disponible para entrenar y la programación de competencia importantes.

Existen varios tipos de análisis que se utilizan para medir el umbral del lactato que un atleta produce, el tipo más común según la literatura consultada es la prueba del “ejercicio graduado”, conocida también como “prueba de paso” o “prueba de ejercicio progresivo”, el objetivo de estas es la aplicación de una serie de ejercicios a niveles de intensidad que aumentan progresivamente.

Dependiendo del deporte, el atleta puede montar una bicicleta en una pista o un ergómetro, nadar varias vueltas en una piscina, remar en un ergómetro, o completar algún tipo de ejercicio en estado fijo. El atleta comienza en estas pruebas en un bajo nivel de esfuerzo, después del completamiento del ejercicio, el entrenador o el científico del deporte realizará un análisis del lactato sanguíneo, midiendo otros indicadores como la tasa de latidos del corazón, el esfuerzo percibido, o medidas del consumo de oxígeno si tiene el equipo especializado necesario para hacerlo. Después de haber completado el primer paso, o la primera etapa, el atleta completa el segundo paso en un mayor nivel de esfuerzo, completando varios pasos adicionales, de acuerdo a las indicaciones del entrenador o la otra manera de medirlo es directamente por medio del análisis de lactato.

Cuando los niveles de lactato en los músculos están en estado fijos, el lactato en sangre también lo estará, encuentre el valor del estado fijo máximo y encontrará que ese también es el umbral del lactato, no existe ninguna razón fisiológica por cual una cierta tasa de latidos debe coincidir con el umbral del lactato, y de hecho no coinciden ya que las tasas de latidos en el umbral del lactato varían sustancialmente de un atleta a otro.

2.3.9.1 FACTORES NO FÍSICOS QUE AFECTAN AL UMBRAL DE LACTATO

Muchos especialistas reconocen el valor del umbral del lactato, sin embargo algunos entrenadores han desacreditado el uso de pruebas de lactato para medir el umbral del lactato de un individuo porque otros factores externos afectan las pruebas, por ejemplo, la dieta, la fatiga, la temperatura y el estado emocional. Estos factores externos que causan variaciones en una prueba de lactato, también causarían variaciones en cualquier otro tipo de prueba. No importa si un atleta utiliza prueba de distancia, pasos, repeticiones, porcentajes de esfuerzos máximos, u otra metodología, los factores externos pueden afectar los resultados. Si es muy importante el conocimiento de todos los factores externos comunes y tratar de controlarlos.

2.3.9.1.1. HORAS DEL DÍA

Con respecto a este factor si valoramos a la mayoría de los atletas, los mismos tienen menos velocidad en el umbral de la mañana que en la tarde, los pasos a medir o fijados utilizando una prueba realizada en horas de la tarde, tendríamos que los resultados serían más rápidos para las sesiones de entrenamientos que toman lugar en la mañana. Esto no anula la validez del método de prueba, solamente significa que deben ajustar las velocidad hacia abajo, por un segundo o por dos para las sesiones de entrenamiento que ocurren por la mañana. Por lo que es necesario ajustar sus tiempos para una taza mayor de velocidad en la mañana.

La velocidad en el umbral entre sesiones de entrenamiento en la mañana y la tarde puede variar dramáticamente, un ejemplo encontrado en la bibliografía consultada es la de un entrenador de natación, el mismo encontró hasta 4 segundos de diferencia por cada 100m entre los umbrales de la mañana y la tarde para algunos de sus nadadores. Según un pequeño análisis esto lo atribuyó a cambios enzimáticos y químicos dentro del cuerpo,

agregando que el sistema anaerobio varía entre la mañana y la tarde, por lo que esto tiene implicación bien determinada para una competencia, ya que algunos atletas pueden competir mejor en una parte del día que en el otro, por lo que es criterio de los autores, hacer tantas pruebas por las mañanas como por las tardes, para evaluar las diferencias entre los dos períodos.

El entrenamiento o las competencias fuertes y recientes: Los autores consideramos otro de los factores a tener en cuenta, ya que los atletas generalmente tienen un umbral de lactato después de un entrenamiento fuerte el día anterior. Si el día anterior de una prueba el entrenamiento transcurre a bajas intensidades, entonces el umbral no puede ser afectado por falta de glucógeno. Es nuestra opinión que nunca se deben realizar ejercicios con pesas ya que esta interfiere con los resultados de la prueba.

2.3.9.1.2 LA DIETA

Recomendamos que cuando se realice la prueba el día anterior y el día de la prueba, se debe comer bastantes carbohidratos, asegurando que haya suficiente glucógeno disponible en los músculos y la falta de este no afecte la prueba. Es sumamente importante que los atletas no puedan consumir ningún alimento que contengan cola, ni bebida que contengan cafeína ante de la prueba, es importante garantizar que el atleta no esté hidratado durante la prueba.

2.3.9.1.3 EL CLIMA Y LA TEMPERATURA.

El calor y la humedad afectan en diferente forma a los atletas, las medidas de lactato es más altas cuando la temperatura es alta, si las pruebas se realizan afuera es importante registrar la temperatura y la humedad durante la prueba para que el entrenador pueda utilizar los valores como referencia comparando un período de pruebas con el otro. El calor también afecta la tasa de los latidos del corazón y puede que no varíe de la misma forma que varía el lactato. Por lo tanto puede ser engañoso utilizar la

tasa de latidos para calcular el umbral en temperaturas muy frías o muy calientes. No se debe realizar las pruebas si hay mucho viento, además, si un atleta cambia de ubicación y sube y baja de altura, entonces el umbral del lactato debe calcularse para una nueva altura.

2.3.9.1.4 OTROS FACTORES

El entrenador debe utilizar el mismo protocolo de prueba cada vez. Cualquier modificación de la prueba reduce la posibilidad de poder comparar los resultados, por ejemplo; Si el entrenador utiliza sesiones de natación de 400 metros, corridas de 2000 metros, o sesiones de ciclismo de 6 minutos para una prueba, entonces debe utilizar las mismas distancias y los mismos tiempos durante las próximas pruebas. No se debe hacer una prueba adentro en un ergómetro un día y afuera en el camino el próximo día. Utilice un protocolo que es específico al evento del atleta.

El análisis del lactato provee el mejor cálculo del umbral del lactato, pero es un cálculo aproximado. Los entrenadores y los atletas, mientras aprenden sobre el uso del análisis del lactato, pueden realizar ajustes hacia arriba o hacia abajo, dependiendo de la experiencia del atleta con pasos, basándose en el umbral del lactato calculado y las circunstancias como la hora del día, el día de la semana, el clima y las sesiones de entrenamientos recientes.

Cuando se evalúa el desempeño potencial de un atleta se debe tener en consideración tres factores:

La velocidad en el umbral del lactato, el mismo generalmente se determina con una prueba de ejercicio graduado. Muchas veces los entrenadores y los fisiólogos deportivo sustituyen el umbral del lactato con un valor que es fácil medir, como la velocidad en 4.0 mmol/l, por ejemplo no lo hacen porque presumen que 4.0 mmol/l, sino porque representa un punto fácil de medir. Este valor muchas veces se encuentra cerca del umbral del lactato y representa el desempeño aeróbico del atleta. Generalmente es

posible comparar un atleta con otro utilizando esta variable para ver cual tiene mejor desempeño aeróbico.

El máximo de lactato que se puede generar, este valor representa el componente anaeróbico del acondicionamiento de un atleta, no se deben realizar comparaciones entre atletas utilizando esta variable, sino debe utilizarse para cada atleta, para evaluar cuanta energía generan en forma aeróbica. Este valor debe llegar a un máximo cerca del día de la competencia importante por cual están entrenando.

La inclinación de la curva, es uno de los componentes metodológico en la medición del umbral del lactato, por lo que varios factores afectan la inclinación de esta curva. Estos incluyen la fuerza del atleta, la distribución y adaptación de diferentes tipos de fibras, la técnica o economía del movimiento, y la prueba misma, por ejemplo en las etapas más cortas se pueden observar las curvas más planas, o sea generalmente los atletas con un alto porcentaje de fibras de contracción lentas tiene unas curvas más planas opuesto de los corredores de maratón.

Los autores consideramos que deben tenerse en cuenta estos tres factores cuando queremos evaluar el desempeño potencial de nuestros atletas, aunque la mayoría de las discusiones sobre el análisis del lactato se

Ha enfocado en los dos primeros parámetros, pero el tercero puede tener la misma importancia. Generalmente, la velocidad del lactato es lo más importante para los atletas de resistencia pero para aquellos eventos que ocurren en un rango de 1 a 8 min, los otros dos factores llegan a tener mucha importancia y algunas veces son preeminentes.

2.3.10 LAS ZONAS DE POTENCIA Y LOS NIVELES DE ENTRENAMIENTO

“En función de los límites determinados en el plano, se ha introducido unas divisiones o zonas de potencia que ayudaran a programar y dirigir las cargas del entrenamiento de resistencia. Se dividen, a su vez, en niveles teóricos que permiten acercarse con mayor exactitud a la realidad de las adaptaciones que se puedan producir como a la aplicación de las cargas de entrenamiento.



ILUSTRACIÓN 1 ZONAS DE ENTRENAMIENTO

Fuente: MSC. MARIO VACA/CAPT. POZO /CAPT. SALAS (2011)

2.3.10.1 ZONA AEROBICA.

Se caracteriza fundamentalmente porque en ella predomina el metabolismo aeróbico. La mayor parte del ATP que se genera proviene de las mitocondrias y es producido en el ciclo de Krebs. Para ello se dice que el oxígeno procede de la respiración, debe afluir a través del torrente sanguíneo.

Las potencias pasan desde muy bajas hasta medias y en ninguno de los niveles que comprenden se produce acumulación progresiva de

concentración de lactato sanguíneo. Según se observa abarca tres niveles: aeróbico regenerativo, aeróbico lipolítico y aeróbico glucolítico.

2.3.10.1.1 NIVEL 1: AERÓBICO REGENERATIVO

Supone el nivel más bajo de entrenamiento y se utiliza con objetivos recuperadores. No se produce adaptaciones ya que las cargas que inciden este nivel son tan bajas que resultan no entrenables no obstante, cuando las cargas son muy prolongadas en el tiempo se pueden provocar adaptaciones útiles en especialidades de resistencia de duración larga, porque dichas cargas llevan el empleo de las grasas a intensidades muy bajas y crean una “inercia” que puede ser transferida a ciertos deportes (Triatlón, Maratón, Ultra fondo, Ciclismo en ruta, etc.).

Las características más relevantes son:

Límite superior de potencia.- Limita por arriba con el momento del vertido del lactato desde el musculo hasta la sangre o, lo que es lo mismo con el umbral aeróbico.

Límite inferior de potencia.- No existe límite inferior, ya que supondría el descanso o la situación de reposo total.

Escalas de medición.- Haciendo referencia a las escalas y a los indicadores, los esfuerzos o las cargas de entrenamiento con los que se puede incidir en esta zona oscilan entre los siguientes valores:

Potencia.- Es muy baja y no produce alteraciones de la homeóstasis por lo que tan poco se producen adaptaciones, ya que el organismo se encuentra previamente preparado para este tipo de esfuerzo.

Frecuencia cardiaca.- Para un deportista cuya frecuencia cardiaca sea alrededor de 200p/min los trabajos que inciden en este nivel se encuentran con pulsos inferiores a las 130- 135p/min.

Consumo de oxígeno.- El que provocan las cargas en este nivel son muy bajas siempre inferior al 50 % del VO₂max, lo que permite largos periodos de ejercicio como la marcha o incluso carreras continuas a velocidades muy bajas.

Nivel de concentración de lactato sanguíneo.- La concentración no rebasa los 2mmol/l y no se acumula a lo largo de todo el tiempo en el que incide la carga.

Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.- La máxima intensidad posible en este nivel, que coincidiría con el umbral aeróbico es ilimitada, o al menos admite esfuerzos superiores a las tres horas.

Objetivos metabólicos de entrenamiento.- Los objetivos principales referentes a los procesos metabólicos están basados en la aceleración de los procesos regenerativos, tanto como para eliminar el lactato y otros catabólicos de la sangre y del musculo, mediante la aceleración del torrente y el transporte más rápido. Igualmente, mediante las cargas que inciden en este nivel se puede lograr pérdida de peso.

Sustratos predominantes.- A estas intensidades tan bajas la energía se obtiene de forma predominante a partir de las grasas. Por ello, si no para mejorar el rendimiento de resistencia, puede resultar muy útil al menos para bajar el porcentaje de grasa que a veces entorpece y retarda el rendimiento en el deportista de resistencia. No debe olvidarse que el VO₂ Max relativo viene expresado con el peso corporal, de modo que un deportista se

encuentra con sobrepeso, dispondrá de menor VO₂max, por lo que uno de los objetivos debería consistir en eliminar el exceso de peso.

Parámetros de influencia.- En este nivel inciden unos parámetros íntimamente relacionados con los procesos aeróbicos, como el estado estable, ya que, como se ha descrito, mediante estas potencias no se acumula lactato.

Factores limitantes.- Parece que van más por el camino de los que pueden provocar fatiga mental. No obstante, si el esfuerzo resulta muy prolongado, existen factores limitantes como la deshidratación, el aumento de temperatura o sobrecargas por fatiga muscular.

Metabólicos y derivaciones.- Los catabólicos y productos de desecho no suponen factores limitantes del esfuerzo.

Sustratos.- Dado que se utilizan las grasas como elemento predominante, los sustratos energéticos resultan suficientes para no suponer un límite en su vaciamiento, o al menos no se producirá antes de que se provoque interrupción por otras causas (fatiga muscular, sobrecargas, lesiones, deshidratación, aumento de temperatura, etc.).

Principales adaptaciones. Mediante cargas del tipo de las que inciden en este nivel, no se producen adaptaciones. No obstante hay que tener presente que las cargas que inciden aquí, al ser eminentemente regeneradoras, no solo que permiten sino que pueden acelerar los procesos de adaptación provocados por cargas que hayan incidido en otros niveles del PBE.

Adaptaciones Fisiológicas.- Cuando las cargas son muy duraderas en el tiempo, pueden producir adaptaciones sobre la utilización de las grasas, cada vez con intensidades más altas.

Adaptaciones anatómico – funcionales: se produce una mejora de la capacidad de las fibras para metabolizar las grasas y una más rápida inercia

de su utilización. Igualmente, se da pérdida de peso y disminución de la viscosidad muscular.

2.3.10.1.2 NIVEL 2: AERÓBICO LIPOLÍTICO

Las características más relevantes son las siguientes:

Límite superior de potencia.- No se encuentra totalmente definido. Se estima próximo a la zona donde comienza a predominar la prestación basada en los hidratos de carbono.

Límite inferior de potencia.- Se establece a una potencia equivalente al UA y al comienzo del vertido de lactato a la sangre.

Escalas de medición.- Los indicadores de potencia del ejercicio y de la repercusión (carga interna) son las siguientes:

Frecuencia cardiaca.- Sobre un máximo se 200p/min, el nivel está comprendido entre las 130-135 correspondientes al límite inferior y aproximadamente 150 del límite superior, de forma aproximada.

Consumo de oxígeno.- Oscila entre 50 y 55 ml/kg/min para un individuo con alto índice de VO₂ Max. De todas formas, sea cual sea este, el porcentaje oscila entre el 55 y el 65 % de este.

Nivel de concentración de lactato de sanguíneo.- El lactato sanguíneo sigue manteniéndose constante para una misma potencia y para un deportista cuyo máximo llegue a 22 mmol/l se sitúa entre 1,5- 1,8 (correspondientes al UA) y 2,5- 3 mmol/l.

Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.- El límite sigue siendo relativamente largo, ya que la máxima intensidad posible con la que se puede incidir en este nivel llega hasta las 2 h de esfuerzo aproximadamente. No obstante, hay deportistas capaces de mantener algo más de tiempo este tipo de cargas.

Objetivo metabólico de entrenamiento.- Mejorar el metabolismo aeróbico a intensidades medias bajas y desarrollar la capacidad de acelerar los

procesos de eliminación de lactato y catabólicos correspondientes que se hayan podido producir tras la aplicación de cargas en niveles superiores.

Sustratos predominantes.- Siguen siendo predominantes las prestaciones que provienen de la oxidación de los ácidos grasos.

Parámetros de influencia.- En este nivel sigue siendo influyente el estado estable, pero al principio del ejercicio comienza a producirse un ligero déficit de oxígeno y al terminar igualmente se aprecia una ligera deuda que se debe restablecer.

Factores limitantes.- Coinciden con el nivel 1, aunque comienzan a aparecer algunos otros. De todas formas, los principales límites también pueden sobrevivir por influencia psicológica, deshidratación o incremento de la temperatura corporal:

Metabólicos y derivaciones.- Al tratarse del metabolismo aeróbico, no existen límites producto del metabolismo, ya que los compuestos terminales son el dióxido de carbono, que es eliminado por la respiración, y el agua, que vuelve a utilizarse por parte del organismo.

Sustratos.- La depleción de los sustratos no suele suponer un factor limitante, ya que el sustrato principal es de los lípidos y estos por lo principal suelen mantenerse en el tiempo lo suficiente para que se presenten antes otros problemas que obliguen a interrumpir el ejercicio, similares a los descritos para el nivel 1.

Principales adaptaciones.- En este nivel ya comienzan a producirse adaptaciones, especialmente las que se buscan para especialidades de RDL II y RDL III. Las adaptaciones que se producen son a largo y medio tiempo, más duraderas:

Adaptaciones fisiológicas:

Economía cardiovascular y de gasto cardíaco.

Aumento de la actividad mitocondrial.

Potenciación de la actividad aeróbica de las fibras especialmente.

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Aumento del volumen cardíaco.

Incremento del volumen sanguíneo.

Aumento de la capilarización.

2.3.10.1.3 NIVEL 3: AERÓBICO GLUCOLÍTICO

A medida que la potencia del ejercicio aumenta, las necesidades de energía van cambiando. A través del metabolismo de las grasas se produce menos cantidad de ATP en unidad de tiempo que a partir del glucógeno (ver capítulo 2). Por ello en este nivel comienza a prevalecer el metabolismo aeróbico del glucógeno.

Las características de este nivel son:

Límite superior de potencia.- Se sitúa con la potencia inmediatamente inferior a aquella que comienza a provocar acumulación progresiva de lactato en la sangre. Coincide con el máximo estado estable (MaxLax) que, como se ha visto, tiene por límite el UAn.

Límite inferior de potencia.- Aunque menos definido, se ubica en la potencia en la que comienza a predominar el metabolismo del glucógeno sobre el de los lípidos. Coincide con el límite superior del nivel aeróbico lipolítico.

Escalas de medición.- Al precisarse más cantidad de energía en unidad de tiempo, los valores de las escalas de indicadores van siendo más elevados y empiezan a definirse los factores limitantes del esfuerzo.

Frecuencia cardíaca.- Oscila en valores medios altos. Para el deportista para el cual se ha definido el PBE estándar, oscile de forma aproximada entre las 150 del límite inferior y las 170 que coincidirían con el UAn (límite superior).

Consumo de oxígeno.- Se va haciendo más importante. Se utilizan valores en los 50-55 ml/kg/mm, correspondientes al límite superior del nivel 2 y los 60-65 ml/kg/mm, correspondientes al UAn. Si se refiere al porcentaje, estos valores oscilan entre el 65 y el 80% del VO₂mx (Barbany, 2002).

Nivel de concentración de lactato sanguíneo.- El indicador correspondiente a la lactacidemia oscila entre los valores inferiores del nivel aeróbico lipolítico 2,5-3 y los 3-4 del UAn. Ya se ha visto que lo que debe prevalecer es el UAn individual (UANi), por lo que este límite debería estar bien determinado, a través de alguna de las múltiples pruebas que se utilizan en la actualidad.

Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.- Cuando se aplican cargas de estas características comienzan a aparecer límites temporales al esfuerzo. Dependiendo de si la potencia se encuentra más próxima al límite inferior o al superior y suponiendo que el deportista se encuentra bien entrenado, el tiempo que se pueden mantener estas potencias puede oscilar entre las 2 h aproximadamente y los 45 min.

Objetivos metabólicos de entrenamiento.- Son básicamente todos aquellos que permiten mejorar la resistencia aeróbica a niveles medios:

Mejorar el metabolismo aeróbico del glucógeno.

Mejorar y prolongar el MaxLax.

Mejorar y prolongar el estado estable para todas las potencias intermedias.

Sustratos predominantes.- Son el glucógeno y otros hidratos de carbono. No obstante, esto no quiere decir que aún no se están utilizando las grasas, sino que el protagonismo lo toma el primero.

Parámetros de influencia.- En la zona aeróbica glucolítica inciden sobre todo el estado estable, que llega a su límite en las potencias más altas. Igualmente, en el límite superior se encuentran el MaxLax y el UAn. De esta forma, cuando se aplican cargas próximas al límite superior, se pueden mejorar esos parámetros. En este nivel comienza a producirse una deuda de oxígeno considerable que deberá ser pagada una vez concluido el ejercicio.

Factores limitantes.- En este nivel comienzan a definirse de forma más taxativa los factores que pueden hacer interrumpir el esfuerzo o al menos obligar a que las cargas incidan en niveles inferiores. No obstante, aún puede influir sobremanera el factor deshidratación y el de acumulación de

calor, sobre todo si el ambiente exterior (temperatura, grado de humedad, etc.) contribuye a que se vaya acumulando dicho calor. Entre los factores limitantes más característicos que se pueden dar en este nivel se pueden encontrar los siguientes:

Metabólicos y derivaciones.- Hasta aquí los productos de desecho que se producen a través del metabolismo todavía no provocan limitaciones, como ya ocurre en niveles inferiores, el esfuerzo es eminentemente aeróbico y los productos terminales son el dióxido de carbono y el agua.

Sustratos. El sustrato principal utilizado es el glucógeno, de modo que cuando es demandado en cantidades importantes (tal cual es el caso en el que se producen las cargas que inciden en este nivel) puede llegar a agotar sus depósitos. Esto supone un factor que permitirá mantener más el esfuerzo de estas características a base de lograr que los depósitos de glucógeno se encuentren cada vez más llenos y, por otra parte, mediante la posibilidad de utilizar menos para cada potencia (economía).

Principales adaptaciones.- Las adaptaciones que se producen aplicando cargas en este nivel son todas aquellas relacionadas con el desarrollo de la resistencia aeróbica a intensidades medias. De éstas, las principales son:

Adaptaciones fisiológicas:

Economía y potencia cardiovascular. Mayor riego sanguíneo, mayor transporte de oxígeno (con todo lo que con lleva en cuanto al aumento de hemoglobina, mejora de la circulación periférica, etc.).

Mayor actividad mitocondrial.

Más actividad enzimática.

Mayor eliminación de productos finales del metabolismo anaeróbico láctico.

Aumento de la actividad tamponante.

Incremento de las capacidades oxidativas de las fibras St a partir del glucógeno.

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Aumento del tamaño de las mitocondrias.

Mayor cantidad y sección de capilares.

Incremento del volumen cardíaco.

Disminución de la viscosidad muscular.

Potenciación de las fibras St en el metabolismo aeróbico del glucógeno.

Especialización más aeróbica de las fibras Ft 1.

2.3.10.2 ZONA MIXTA O AERÓBICA-ANAERÓBICA

Para potencias que superan el umbral anaeróbico (UAn), el metabolismo aeróbico no basta para aprovisionar al músculo de la cantidad necesaria de ATP, por lo que comienza a cobrar importancia la producción de energía a través del metabolismo del lactato. En la anterior zona (aeróbica) predominaba la producción de energía merced a los procesos oxidativos, pero en ésta tanto la vía aeróbica como la anaeróbica glicolítica funcionan de forma simultánea. Por ello se generan importantes cantidades de ATP en unidad de tiempo por el funcionamiento importante de las dos vías. Esta zona no se halla muy determinada respecto a cuál de las dos vías se usa más, pero los límites están bastante bien definidos. El límite inferior se encuentra con la potencia equivalente al MaxLax y en el límite superior se encuentra el "O₂máx o la PAM. Tanto el UAn como los dos últimos son parámetros que se pueden delimitar de forma muy aproximada. Esta zona es relativamente amplia y, dependiendo de la potencia de las cargas, se originan adaptaciones y funciones un tanto diferenciadas. Con vistas a definir mejor la orientación de las cargas, se ha dividido en dos niveles de potencia: nivel mixto extensivo y nivel mixto intensivo.

2.3.10.2.1 NIVEL 4: MIXTO EXTENSIVO

Pese a que intervienen ambas vías metabólicas, todavía prevalece la aeróbica sobre la anaeróbica. No obstante, al haberse superado la potencia correspondiente al UAn, se comienza a acumular lactato sanguíneo debido a

que empieza a producirse a mayor cantidad de la que el organismo es capaz de ir haciendo desaparecer:

Límite superior de potencia.- No está demasiado bien definido, pero de una forma un tanto teórica se sitúa en la zona en la cual todavía puede predominar la vía aeróbica sobre la anaeróbica láctica. No obstante, serán los parámetros indicadores los que permitirán aplicar un criterio aproximado para delimitarla por arriba.

Límite inferior de potencia.- Se encuentra mejor definido, ya que coincide con el UAn. Por lo tanto, el nivel comienza en el momento en el que es rebasado el MaxLax.

Escalas de medición.- Las escalas de medición o indicadores de carga interna suponen una ayuda importante, sobre todo para determinar el límite superior. Por lo tanto, las pruebas que se hagan para comprobar los parámetros han de ser cuantificables, con el fin de que permitan calcular las proporciones o los porcentajes, sobre todo respecto al VO_{2m} o a la PAM.

Frecuencia cardíaca.- Va llegando a niveles muy altos, ya que igualmente las necesidades del metabolismo aeróbico precisan grandes cantidades de oxígeno debido a que el aparato cardiovascular es fuertemente exigido. De este modo, en el PBE estándar las pulsaciones se sitúan entre las 170 en las que se ubicaba aproximadamente el UAn y las 180-185 del límite superior teórico.

Consumo de oxígeno.- Comienza a ser considerablemente alto. Pasa de los 60-65 a los 70 ml/kg/mm, lo que supone una banda que oscila entre el 80% en el que se ha situado el UAn y el 90% del VO_{2máx} en el que se puede establecer el límite superior.

Nivel de concentración de lactato sanguíneo.- Igualmente sigue aumentando al producirse más cantidad a medida que se incrementa la

potencia del ejercicio. Llega a pasar de los 4 mmol/l en los que se ha situado el UAn teórico a los 6 mmol/l en los que se ha establecido el criterio del límite superior.

Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.- Al aumentar la potencia y necesitarse más energía en unidad de tiempo, la duración máxima en la que se puede aplicar una carga se va reduciendo. En este nivel (siempre hablando de forma teórica) se pueden mantener potencias aproximadas entre los 40-45 y los 20 min. Esta duración dependerá de la potencia de cada momento y de las características individuales del deportista.

Objetivos metabólicos de entrenamiento:

Mejorar el UAn en dos sentidos: aumentando paulatinamente la potencia que se pueda aplicar sin que se desestabilice el MaxLax o prolongando en el tiempo dicho parámetro.

Mejorar la capacidad de mantenimiento de potencias aeróbicas considerables a lo largo del tiempo.

Sustratos predominantes.- En este nivel los lípidos tienen un papel totalmente secundario, pasando a prevalecer casi en exclusiva el glucógeno, que puede ser metabolizado tanto por procesos aeróbicos como anaeróbicos.

Parámetros de influencia.- En este nivel ya no existe estabilidad en la producción-eliminación de lactato al haberse rebasado el MaxLax. Aumenta paulatinamente la deuda de oxígeno, pero al mismo tiempo se produce un acúmulo de concentración de lactato en la sangre que irá aumentando a medida que se mantiene más tiempo una potencia determinada de ejercicio.

Factores limitantes.- Los factores que obligan a interrumpir o disminuir la potencia del ejercicio vienen determinados por dos aspectos:

Metabólicos y derivaciones

A través de la acumulación de productos de desecho del metabolismo anaeróbico láctico. Disminución del pH muscular y sanguíneo y acumulación de lactato sanguíneo y muscular. Dado que el metabolismo del lactato todavía dispone de mucho margen, no suelen ser elementos excesivamente limitantes. Al menos, siempre habrá otros que obliguen a detenerse o a bajar potencia antes de que lleguen a su límite en este nivel.

Uno de los factores más limitantes de los procesos aeróbicos en este nivel puede ser la deuda de oxígeno, que se va acumulando a lo largo del tiempo en el que se aplica la carga.

Sustratos.- El otro factor limitante es la depleción de las reservas de glucógeno. Resulta el más determinante en la mayoría de los casos, pero sobre todo cuando se efectúa un trabajo con interrupciones (pausas) que permiten que se restablezcan los niveles de lactato en la sangre y el músculo, así como la deuda de oxígeno. El agotamiento del glucógeno no permite la posibilidad de mantener las potencias de ejercicio, ya que obligaría a entrar en funcionamiento el metabolismo de las grasas, que exige disminuir la potencia, con lo que sería imposible mantener la ubicación de las cargas en este nivel.

Principales adaptaciones.- Estriban en aquellas que permiten mantener esfuerzos aeróbicos a potencias altas, así como las correspondientes a la producción de energía a través del metabolismo anaeróbico láctico en cantidades moderadas. Igualmente, aparecen aquellas que permiten la posibilidad de mantener una concentración moderada de lactato y de acidez durante mucho tiempo:

Adaptaciones fisiológicas:

Economía cardiovascular y de gasto cardíaco.

Mejora de la circulación periférica (mayor capilarización y más rápida movilización del torrente sanguíneo).

Aceleración y eliminación de lactato y productos de desecho del metabolismo anaeróbico láctico.

Capacidad para mantener en el tiempo concentraciones de lactato moderadas (tolerancia láctica).

Disminución de la viscosidad muscular.

Aumento de la actividad enzimática tanto aeróbica como anaeróbica láctica.

Depleción y relleno de depósitos de glucógeno.

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Aumento del volumen del corazón.

Incremento de capilares en número y sección. Especialización de las fibras St a través de procesos metabólicos aeróbicos y anaeróbicos lácticos. Especialización de las fibras Ft 1 en procesos aeróbicos.

2.3.10.2.2 NIVEL 5: MIXTO INTENSIVO

En la zona aeróbica, anaeróbica o mixta las potencias más altas se sitúan en un nivel próximo a las máximas prestaciones aeróbicas, es decir, a la PAM y al VO₂máx:

Límite superior de potencia.- Se encuentra bastante bien definido ya que se hace coincidir con la PAM y con el VO₂máx. Este límite no resulta muy complicado de determinar y se puede obtener mediante diversas pruebas que se utilizan en la actualidad.

Límite inferior de potencia.- Resulta un poco más ambiguo, tal y como se ha visto para el nivel mixto extensivo, ya que se han empleado unos criterios que deben ser establecidos de forma un tanto arbitraria. Pero aun así, si se aplica siempre el mismo criterio, puede resultar muy útil para diferenciar las cargas. Este límite se basa en porcentajes de los indicadores y las escalas que ya se han tratado al describir el límite superior del nivel mixto extensivo.

Escalas de medición.- Están bien definidas por el límite superior, siendo éste el valor de referencia que utilizan muchos autores como dato para determinar las zonas y los niveles:

FC. En el PBE estándar se halla en unas pulsaciones del orden de 185 hasta la FC_{máx}, que se ha establecido en 200 p/min.

Consumo de oxígeno.- Alcanza su máxima expresión pasando desde los 70 ml/kg/mm hasta el máximo que se ha establecido, de 80 ml/kg/mm, que a su vez coincide con la banda porcentual comprendida entre el 90 y el 100% del VO₂_{máx}.

Nivel de concentración de lactato sanguíneo.- Pasa desde los 6 mmol/l que se estableció como tope en el nivel mixto extensivo, hasta el que coincide con el VO₂_{máx}, que se sitúa alrededor de los 8 mmol/l.

Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible- De igual manera que en otros niveles, depende de diversos factores, prioritariamente del grado de exigencia en potencia. Así pues, podrán mantenerse esfuerzos entre los 20 mm (si la exigencia del ejercicio se encuentra próxima al 90% del VO₂_{máx} y alrededor de los 8 mm si el esfuerzo está próximo o coincide con el 100% del VO₂_{max} (límite superior).

Objetivos metabólicos de entrenamiento:

Mejorar las prestaciones del VO₂_{máx} aumentándolo de forma que mejore la posibilidad de consumir más oxígeno en unidad de tiempo.

Mejorar la posibilidad de mantener más tiempo potencias aeróbicas máximas y submáximas.

Mejorar la capacidad de mantener el ejercicio durante un tiempo determinado pero soportando tasas de lactato de tipo medio (tolerancia al lactato).

Sustratos predominantes.- Tanto en la parte anaeróbica láctica como en la aeróbica se utilizan el glucógeno y otros hidratos de carbono de forma casi exclusiva.

Parámetros de influencia.- En este nivel aparecen varios parámetros que pueden resultar determinantes:

Importante acumulación de lactato sanguíneo con descenso de pH.

Inexistencia de estado estable, por lo que se irá acumulando deuda de oxígeno de forma muy rápida y en proporciones muy importantes.

En el límite superior aparece, además de la PAM y el $VO_{2\text{máx}}$, la velocidad aeróbica máxima (VAM) en los casos en los que se implique el desplazamiento del propio cuerpo, sin influencias externas.

Factores limitantes.- Las cargas cuyas intensidades inciden en este nivel comienzan a estar limitadas en el tiempo por varios aspectos:

Metabólicos y derivaciones:

Por acumulación de lactato durante tiempos relativamente prolongados.

Por acumulación de deuda de oxígeno, que llega a ser en algunos casos el factor más limitante en este nivel.

Sustratos.- La depleción de glucógeno puede ser uno de los factores que impidan mantener el ejercicio a las potencias indicadas. A estas intensidades, tanto el metabolismo aeróbico como el anaeróbico láctico (éste con mucha más avidez) diezman muy rápidamente los depósitos de glucógeno, por lo que la posibilidad de mantener durante el mayor tiempo posible estas cargas cobra una "glucógeno dependencia" que debe tenerse en cuenta, siendo preciso que los depósitos se encuentren repletos.

El efecto limitante de depleción del glucógeno se hace más patente ante esfuerzos fraccionados, a partir de cuyas pausas se permite cierto reequilibrio del lactato, sobre todo, el "pago" de una parte de la deuda de oxígeno que se va acumulando. Por consiguiente, al retrasarse los otros límites, acaba siendo la falta de glucógeno la que puede hacer que se interrumpa el ejercicio o decaiga en su potencia.

Principales adaptaciones.- Son las que implican la posibilidad de alcanzar y mantener máximas potencias de carácter aeróbico, al tiempo que se reclaman igualmente potencias considerables que inciden en el metabolismo anaeróbico láctico:

Adaptaciones fisiológicas:

Se sigue manteniendo la mejora de la economía cardio circulatoria y del gasto cardíaco. No obstante, si se pretende como objetivo, se recomienda incidir en los niveles inferiores (niveles 3 y 4).

Se potencia la tolerancia al lactato en concentraciones relativamente importantes.

Aumenta la capacidad tamponante del pH, tanto en el músculo como en la sangre.

Se eleva la tolerancia a la acumulación de deuda de oxígeno en grandes proporciones.

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Aumento del volumen cardíaco, con mayor incidencia hipertrófica al tener que actuar con más fuerza en cada contracción sistólica.

Incremento de la capilarización.

Aumento de la movilización del volumen sanguíneo, pero en menor cuantía que en niveles inferiores.

Incremento de actividad de las fibras St en el metabolismo aeróbico del glucógeno en las mitocondrias y del metabolismo anaeróbico láctico en el sarcoplasma.

Aumento de actividad de las fibras Ft I en procesos aeróbicos.

2.3.10.3 ZONA ANAERÓBICA LÁCTICA

A partir de la potencia en la que se ve reclamado el VO₂máx O la PAM, el metabolismo aeróbico ya no puede seguir aumentando la producción de ATP al verse saturado. Por ello, la única posibilidad de incrementar dicha potencia parte de las prestaciones del metabolismo anaeróbico.

De esta forma, las cargas en las que la potencia aplicada exija más cantidad de energía en la unidad de tiempo que las que pueda abastecer el consumo de oxígeno inciden en la zona que se ha denominado “anaeróbica láctica”, que permite gran gama de potencias. Así pues, para que sirva de

ayuda para dirigir las cargas, se ha estimado la conveniencia de subdividirla en dos niveles: láctico extensivo e intensivo.

2.3.10.3.1 NIVEL 6: LÁCTICO EXTENSIVO

Resulta la parcela en la cual inciden las cargas de potencia inmediatamente más altas a las que exigen al 100% el VO_2 máx.

Límite superior de potencia.- Se ha establecido de forma teórica tratando de repartir en dos niveles la zona anaeróbica láctica.

Igual que ha sucedido con los niveles anteriores, el límite superior se establece en función de las escalas numéricas a las que se ha estado haciendo referencia continua. De esta forma, como la FC ya no correlaciona con los procesos lácticos (ver capítulo 2) y el consumo de oxígeno se ha visto saturado en el nivel de potencia inferior, ya no resulta válida la referencia a estos parámetros. Por lo tanto, las referencias posibles para establecer el límite superior se determinan a través de los niveles de concentración de lactato y de los porcentajes de potencia superiores a los que reclama el VO_2 máx. Este límite se sitúa alrededor de los 14 mmol/l de concentración de lactato sanguíneo y alrededor del 115-120% del VO_2 máx o de la PAM.

Límite inferior de potencia.- Se encuentra bien definido, ya que coincide con el límite superior del nivel 5 (mixto intensivo). Así pues, la potencia mínima que incide en este nivel equivale a la inmediatamente superior a aquella que reclama el VO_2 máx, la PAM, la FC máx o la VAM.

Escalas de medición.- Las posibilidades de medición se reducen a porcentajes de potencias o a valores de la concentración de lactato en la sangre:

Frecuencia cardíaca.- Al haberse agotado diferentes posibilidades de comparación y cuantificación, las contingencias de medir a través de la FC resultan inútiles al haberse saturado en el límite inferior.

Consumo de oxígeno.- Dado que el VO_2 máx se satura en el límite superior del nivel 5, las escalas de medición se limitan al porcentaje de la potencia equivalente al VO_2 máx. Así pues, se puede referir a los porcentajes de la potencia que exige este VO_2 máx o la PAM y oscilará entre el 100 y el 115- 120%.

Nivel de concentración de lactato sanguíneo. Resulta uno de los parámetros que siguen guardando correlación con el incremento de la potencia del esfuerzo. De todas formas, hay que recordar las numerosas variables que se producen antes de que este lactato sea vertido a la sangre (ver capítulos 2 y 3). Los índices de concentración oscilan en este nivel entre los 8 y los 12-14 mmol/l.

Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible. Dependiendo de la potencia del ejercicio, el esfuerzo se puede mantener entre los 8 mm a potencias más bajas hasta los 3 mm en las potencias más altas.

Objetivos metabólicos de entrenamiento.- Los objetivos de entrenamiento en relación con los procesos metabólicos se dirigen a:

Lograr mantener en el tiempo importantes concentraciones de lactato (tolerancia al lactato).

Soportar durante un tiempo relativamente largo importantes grados de acidez muscular y sanguínea.

Aumentar la velocidad de eliminación del lactato al tiempo que se incrementa la capacidad tamponante.

Sustratos predominantes.- De forma predominante el glucógeno es reclamado en cantidades muy importantes en la unidad de tiempo, con lo que se agotará en períodos relativamente reducidos.

Parámetros de influencia.- El nivel anaeróbico láctico extensivo se ve afectado por los siguientes parámetros:

Por una importante deuda de oxígeno.

Por la importante acumulación de lactato al tiempo que implica la tolerancia a la acidez.

Factores limitantes.- Los factores que pueden hacer sucumbir ejercicios de esta potencia son fundamentalmente los relacionados con el metabolismo anaeróbico láctico:

Metabólicos y derivaciones:

La deuda de oxígeno, que se puede hacer máxima.

La tolerancia en el tiempo a la acidez.

Sustratos.- La limitación en relación con los sustratos energéticos estriba en la depleción del glucógeno, que es rápidamente reclamado y desperdiciado sobremanera (ver capítulo 3). Esto ocurre igual que en niveles inferiores: se acentúa cuando se aplican trabajos fraccionados, ya que, al permitir deshacerse del lactato y reducir la deuda de oxígeno, esas limitaciones se retrasan, dando tiempo a que se agote el glucógeno.

Principales adaptaciones.- Las cargas que inciden en esta zona producen reacciones adaptativas relacionadas con el metabolismo anaeróbico láctico de manera muy particular:

Adaptaciones fisiológicas:

Tolerancia a importantes concentraciones de lactato y a la hiperacidez durante un tiempo relativamente prolongado.

Aumento de la capacidad tamponante de la hiperacidez.

Aumento de la actividad enzimática anaeróbica.

Posibilidad de aumentar el VO₂máx trabajando a potencias ligeramente superiores a éste (puesta en crisis).

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Aumento de la actividad anaeróbica glucolítica de, las fibras St.

Incremento de la potencia anaeróbica en las fibras Ft 1 y Ft II.

2.3.10.3.2 NIVEL 7: LÁCTICO INTENSIVO

En este nivel inciden las cargas lácticas por excelencia que implican al metabolismo láctico en su máxima expresión. Los niveles de lactato en la sangre y la hiperacidez llegan al límite de la tolerancia:

Límite superior de potencia.- Coincide con la potencia de ejercicio capaz de reclamar las máximas prestaciones de producción de energía por la vía metabólica láctica o, lo que es lo mismo, la PLM.

Límite inferior de potencia.- Se ha establecido alrededor de los 12-14 mmol/l de lactato, que coincide con la división entre los niveles 6 y 7 correspondientes a la zona anaeróbica láctica.

Escalas de medición.- Como sucede con el anterior nivel, la escala de medición más utilizada es la correspondiente a la concentración de lactato en la sangre, que oscila entre 12-14 mmol/l y 22 mmol/l o más, dependiendo de las características del deportista y de su especialización en resistencia: si la especialidad para la que entrena es de RDL, es normal que el nivel

máximo de lactato que alcance sea menor que si se tratase de especialidades de RDM o RDC.

Frecuencia cardíaca.- Ya no resulta útil dada su escasa o nula correlación con los procesos metabólicos lácticos, por lo que el control de las pulsaciones no constituye un indicador válido.

Consumo de oxígeno.- Igualmente, el VO_2 máx se ha saturado en el momento en el que se alcanza la PAM y, por consiguiente, tampoco se puede utilizar la escala correspondiente a los ml/kg/mm. En cambio, haciendo referencia a la potencia que reclama el VO_2 máx, se pueden seguir utilizando los porcentajes, que pueden llegar desde los 115-120% hasta los 130-135% de la PAM o, en su caso, de la VAM.

Concentración de lactato sanguíneo.- Sigue siendo, a pesar de las variables, uno de los indicadores válidos para estas intensidades de carga. En este nivel se llega al máximo de 22 mmol/l o incluso más en los casos de algunos deportistas muy entrenados y con grandes prestaciones en su metabolismo láctico.

Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.- El tiempo que puede mantenerse un esfuerzo de estas características es relativamente corto. Gran parte de la bibliografía sitúa el tope de tiempo que se puede mantener una carga de potencia máxima láctica alrededor de 1 min, pudiendo aumentar hasta llegar alrededor de los 3 min.

Objetivos metabólicos de entrenamiento.- En general todos los que permitan potenciar la obtención y el consumo de energía a intensidades máximas con implicación del metabolismo láctico:

Producción máxima de energía anaeróbica láctica.

Máxima tolerancia a la hiperacidez.

Máxima capacidad de tamponamiento.

Máxima capacidad de eliminación de lactato durante las pausas.

Sustratos predominantes.- El lactato se produce a partir del metabolismo de la glucosa y de monosacáridos, por lo que el sustrato prácticamente exclusivo es el glucógeno. Para que se puedan realizar esfuerzos que incidan en este nivel previamente deberán estar rellenos los depósitos. De todas formas, en las potencias más altas ya son reclamados con cierta incidencia los depósitos de fosfocreatina.

Parámetros de influencia.- En este nivel inciden los parámetros relacionados con los procesos lácticos:

Deuda de oxígeno importante, aunque, dado que los esfuerzos son más cortos, no llega a los índices que se alcanzan en niveles inmediatamente inferiores.

Máxima acumulación de lactato e hiperacidez, con bajadas de pH tanto muscular como sanguíneo hasta límites que en deportistas especializados podrían suponer un grave riesgo para la salud.

Factores limitantes.- Están relacionados con los procesos lácticos a potencias máximas:

Metabólicos y derivaciones.- El factor limitante principal es la hiperacidez muscular (por acumulación de protones H), que provoca interrupción de la actividad enzimática desencadenante del metabolismo láctico. Esta hiperacidez puede paliarse mediante las sustancias tamponantes que circulan por la sangre y que se alojan en el músculo, lo que permite más producción de energía con desprendimiento de lactato.

Sustratos.- A pesar de que se consume glucógeno de manera muy acentuada, ante estos esfuerzos siempre prevalece el “freno” de la hiperacidez, lo que induce a pensar que no existe tiempo suficiente para agotar totalmente los depósitos de glucógeno.

Principales adaptaciones.- A medida que se entrena a intensidades lácticas máximas, se producen adaptaciones que permiten que el organismo

produzca más energía en unidad de tiempo por procesos lácticos. Al mismo tiempo, posibilita que sea capaz de tolerar más los síntomas que producen estas cargas:

Adaptaciones fisiológicas:

Potenciamiento de procesos tamponantes ante las bajadas del pH.

Potenciamiento de la eliminación del lactato y de otros catabolitos durante las pausas.

Capacidad de tolerancia a los síntomas de fatiga específica que se producen ante este tipo de cargas.

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Potenciamiento de la especialización de las fibras St en producción de energía por procesos lácticos.

Potenciamiento de las fibras Ft 1.

Especialización de las fibras Ft II en producción de energía por el metabolismo láctico.

2.3.10.4 ZONA ANAERÓBICA ALÁCTICA

A priori “aláctica” puede sugerir que las potencias que inciden en esta zona no producirán lactato, pero nada más lejos de la realidad, ya que incluso en esfuerzos de intensidad máxima y de muy corta duración (alrededor de 5 s) se producen cantidades importantes de lactato (Zouhal, 2001; Billat, 2002). En esta zona, en la que inciden las potencias máximas y submáximas totales, es utilizada la vía anaeróbica aláctica en sus máximas potencias, pero se simultanea con la producción de energía merced al metabolismo láctico. Dado que hay diferencias y a pesar de que el tiempo en el que se pueden mantener los esfuerzos a estas intensidades es muy

reducido, se ha dividido esta zona en dos niveles: nivel aláctico extensivo e intensivo.

2.3.10.4.1 NIVEL 8: ALÁCTICO EXTENSIVO

En él inciden las potencias muy próximas a las máximas. Si se refiriese a la carrera, se ubicarían aquí los esfuerzos correspondientes a la resistencia a la velocidad máxima:

Límite superior de potencia. No existe un límite definido para dividir en dos niveles la zona aláctica. Para poder distinguirlos se toma como referencia la intensidad máxima para el límite superior, es decir, que todos los esfuerzos que no lleguen al 100% de las máximas posibilidades de intensidad total incidirán en este nivel.

Límite inferior de potencia.- Se encuentra bien definido por la potencia láctica máxima. Por lo tanto, las intensidades que la superan y no llegan a la potencia máxima total, que coincide con la PALM, se encuentran ubicadas en este nivel.

Escalas de medición. Las únicas escalas que quedan para este nivel son las relativas al porcentaje de la potencia aláctica máxima, de modo que oscilarán entre el 98 y el 100% de ésta. Se puede hacer referencia igualmente a la PAM utilizando unos porcentajes de alrededor del 120 al 125%, aunque resulta más recomendable la referencia a la PALM, ya que se encuentra más próxima. El resto de las escalas deja de tener utilidad, pues prácticamente todas llegaron a su máximo en niveles anteriores:

FC. Al igual que en anteriores niveles, ya no supone una referencia válida.

Consumo de oxígeno. No puede tomarse en consideración al haberse saturado en el límite superior del nivel 5.

Concentración de lactato sanguíneo. Pese a que se producen los máximos en el nivel inmediatamente inferior, ante estos esfuerzos se originan grandes cantidades de lactato, especialmente a medida que aumenta la duración de la carga y baja ligeramente la potencia. Así pues, en esfuerzos próximos a los 40-45 s uno puede encontrarse con tasas de 15 a 20 mmol/l. De todas formas, no resulta una referencia válida, ya que a medida que aumenta la potencia y disminuye la duración, va decreciendo la concentración de lactato en la sangre.

Límites de tiempo esfuerzo a intensidad máxima posible.- El tiempo que pueden mantenerse estas cargas oscila entre los 50 s y los 15 s.

Objetivos metabólicos de entrenamiento.- De forma general, con las cargas que inciden en este nivel se pretende mejorar la capacidad del metabolismo aláctico:

Desarrollar la capacidad de utilización y rápido rellenado de depósitos de fosfocreatina.

Desarrollar la capacidad de producción de grandes cantidades de energía por la vía anaeróbica aláctica.

Indirectamente, desarrollar los procesos relacionados con el metabolismo láctico.

Sustratos predominantes.- De forma prioritaria se utilizan los fosfágenos, aunque en potencias más bajas se emplea igualmente el glucógeno. La proporción es más favorable a los primeros a medida que aumenta la potencia.

Parámetros de influencia. Fundamentalmente incide la deuda de oxígeno, a pesar de ser menor que la que se produce en niveles inferiores.

Factores limitantes. Son los que obligan a interrumpir el ejercicio o, al menos, a bajar la intensidad; corresponden a los que producen fatiga a intensidades submáximas:

Metabólicos y derivaciones. No suponen el principal límite, ya que existen otros que obligan antes a interrumpir el ejercicio. De todas formas, la

hiperacidez puede ser en ciertos casos un elemento bloqueante a potencias más bajas en este nivel.

Sustratos.- La depleción de depósitos de fosfocreatina puede ser el principal factor limitante.

Principales adaptaciones.- Son las que permiten mantener intensidades submáximas a lo largo del tiempo (capacidad a potencias submáximas):

Adaptaciones fisiológicas:

Aumento de la fuerza de contracción de las fibras Ft 1 y Ft II.

Rapidez de conducción nerviosa en estado de fatiga.

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Obtención de las fibras Ft I para utilizar y producir rápidamente ATP a partir de la fosfocreatina.

Potenciación de las fibras Ft II para producir energía por el mecanismo anaeróbico láctico.

Vaciamiento y rellenado por súper compensación de depósitos de fosfocreatina.

2.3.10.4.2 NIVEL 9: ALÁCTICO INTENSIVO

Las cargas que inciden en este nivel suponen las de más alta potencia. Son las que precisan más cantidad de ATP en unidad de tiempo; simultáneamente, su duración resulta muy corta:

Límite superior de potencia.- Por la parte superior aparece la PALM, que coincide con la máxima potencia que es capaz de utilizar el deportista. Si se refiere a la carrera, por ejemplo, supondrían los esfuerzos de velocidad máxima.

Límite inferior de potencia.- Como límite inferior se puede considerar el momento en el cual se comienza a perder potencia. Por ejemplo: un atleta realiza cuatro repeticiones de 50 m saliendo de posición estática; en las tres primeras realiza un tiempo de 5,95 s y en la cuarta de 6,05. El sentido común induce a pensar que las tres primeras repeticiones han incidido en

este nivel, pero la cuarta ha descendido un nivel. Se puede considerar que, en el momento en el que la potencia deja de ser del 100% de la máxima potencia total, se ha rebasado el límite inferior.

Escalas de medición.- Aunque se puede utilizar alguna otra medida para determinar el nivel, la más empleada debería ser la de aplicar el porcentaje de la potencia aláctica máxima, ya que con el resto de las escalas sucede lo mismo al haber llegado a su saturación. No obstante, se podría hacer referencia al porcentaje de la PAM o de la VAM en el caso de tratarse de desplazamiento. Sin embargo, no parece muy lógico, teniendo tan próximo el 100% de la máxima potencia posible, recurrir a otro dato que se ha quedado más alejado.

Límites de tiempo esfuerzo a intensidad máxima posible.- La duración de estos esfuerzos es muy corta. Algunos autores indican que un esfuerzo de máxima intensidad se puede aplicar no más allá de 8 s, lo que depende de las características del deportista, pero en el PBE que se propone se establece un tope aproximado para esfuerzos de 5 s a menos de 15 s. No obstante, queda claro que las intensidades máximas estarían alrededor de los 5 s y que a partir de este período se comenzaría a acumular más lactato y se entraría en un proceso de resistencia a la intensidad máxima o de resistencia a la velocidad máxima, si se tratase de ejercicios de desplazamiento.

Objetivos metabólicos de entrenamiento.- Cuando a través del entrenamiento las cargas inciden en este nivel, se buscan objetivos que conlleven el aumento de la potencia máxima posible, que pasan fundamentalmente por desarrollar la potencia del metabolismo aláctico y que se derivan, a su vez, en otros objetivos:

Aumentar la capacidad de relleno de depósitos de ATP libre.

Incrementar la capacidad de relleno de depósitos de fosfocreatina.

Sustratos predominantes.- Aparte del ATP libre que resulta de utilización inmediata, el sustrato principal que se usa son los fosfágenos. No obstante,

al generarse ciertas concentraciones de lactato, también se utiliza en parte el glucógeno.

Parámetros de influencia.- En el nivel anaeróbico aláctico intensivo tiene un papel importante el aspecto neural, relacionado con la velocidad, intensidad y frecuencia de los impulsos.

Factores limitantes.- Los límites de esfuerzo se refieren fundamentalmente a sustratos, pero no se puede olvidar que existe en este tipo de cargas un factor que, incluso existiendo suficiente “combustible” almacenado, puede evitar que se produzca el esfuerzo:

Metabólicos y derivaciones. Fundamentalmente se interrumpe el esfuerzo ante la falta de posibilidades de generar ATP de la manera tan rápida como se precisa. Este efecto se produce cuando se ve saturada la vía anaeróbica aláctica.

Sustratos. El factor limitante referido a los sustratos supone el agotamiento o, al menos, la depleción en la fibra muscular de depósitos de fosfocreatina y del ATP libre.

Factores nerviosos. Este tipo de potencias precisa una intensidad y frecuencia de impulsos nerviosos máximos. El sistema nervioso puede verse disminuido por la fatiga o por alguna otra causa, como el estado de ánimo. No se puede olvidar que para que una carga incida en esta zona debe ser máxima en intensidad y, por lo tanto, tiene un gran papel la motivación.

Principales adaptaciones.- Las adaptaciones que se producen al incidir con cargas en este nivel son todas aquellas que permiten al deportista aumentar la intensidad:

Adaptaciones fisiológicas:

Capacidad de rápido relleno y ampliación de depósitos de ATP y fosfocreatina en la fibra muscular.

Aumento de la fuerza y velocidad de contracción de las fibras Ft II.

Adaptaciones nerviosas:

Adaptaciones coordinativas. Reducción del tiempo de tránsito entre contracción y relajación.

Capacidad coordinativa ante esfuerzos de intensidad máxima, lo que supone al mismo tiempo velocidad de transmisión de impulsos, basados en adaptaciones por el mecanismo automático.

En consonancia con lo anterior, las adaptaciones pasan por una mejora de capacidades de coordinación intramusculares y la capacidad de reclutamiento.

Adaptaciones anatómico-funcionales:

Especialización y potenciamiento de las fibras Ft II tanto en velocidad de contracción y relajación como en generación de fuerza rápida.

2.3.10.5 NIVEL 10: NEURAL

Para terminar con nuestro PBE hay que hablar del verdadero motor de arranque. Se sabe que ya antes de comenzar un movimiento se ponen en marcha los mecanismos que lo desencadenan. Este nivel no es excesivamente entrenable pero está claro que supone el desencadenante de los procesos que originan el movimiento al permitir al deportista mantener la concentración, reaccionar más rápido que otros ante iniciativas de los adversarios o tomarlas por sí mismo anticipándose a los demás.

El sistema nervioso central es el responsable de que lleguen los impulsos a las placas motrices con la intensidad, frecuencia y velocidad necesarias, lo que cobra mayor importancia cuando se trata de realizar ejercicios a máxima potencia.

No existe correlación con las escalas que se han preestablecido ni puede ser cuantificado, pero no por ello debe dejar de entrenarse. Incluso en modalidades de resistencia de duración media o larga (RDM y RDL 1) aparecen momentos en competición en los que el deportista debe tomar iniciativas en centésimas de segundo.

Para mantener la misma metodología que se ha venido tratando en niveles anteriores, se repasan todos los apartados con el objetivo de aclarar mejor el concepto de este nivel.

Límite superior de potencia.- No existe.

Límite inferior de potencia.- Se puede establecer como en el que ha comenzado el movimiento.

Escalas de medición.- No es mensurable por medios asequibles al entrenador:

FC. No correlaciona.

Consumo de oxígeno.- No se precisa al menos en proporciones significativas.

Nivel de concentración de lactato sanguíneo.- No aparece o lo hace en cantidades no dignas de consideración. Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.- Apenas 1-3 s.

Objetivos metabólicos de entrenamiento:

Mejorar aspectos de coordinación inter e intramuscular.

Mejorar aspectos de conducción aferente y eferente, especialmente a través de la automatización.

Sustratos predominantes.- ATP libre, principalmente.

Parámetros de influencia.- Influencia directa del sistema nervioso central.

Factores limitantes.- La fatiga nerviosa fundamentalmente, aunque puede ser provocada por diferentes motivos:

Metabólicos y derivaciones.- Fundamentalmente estriba en los procesos de intercambio a través de la membrana de iones de calcio y potasio.

Sustratos.- No resultan limitantes.

Principales adaptaciones.- Van dirigidas hacia aspectos de velocidad de conducción y coordinativas a intensidades máximas". **(García, Mariano, 2008)**

2.3.11 ENTRENAMIENTO EN ALTURA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO.

El entrenamiento en la altura juega un papel importante en la preparación del deportista fundamentalmente en la etapa de preparación, constituye un medio esencial para el desarrollo de las capacidades físicas de los atletas y como elemento a destacar la resistencia aumenta considerablemente con la aplicación adecuada de la metodología del entrenamiento de altura que se proponga.

2.3.11.1 ADAPTACIONES QUE SE PRODUCEN CON EL ENTRENAMIENTO EN ALTURA.

“Las condiciones ambientales especiales que se producen en altitud, unidas a las modificaciones de la humedad ambiental (disminución del 50 % a los 2000 metros), temperatura, radiación solar (la exposición a la irradiación solar aumenta de un 2 % a un 4 % cada 100 metros hasta los 2000 metros y 1% cada 100 metros a partir de esta altura), etc., Son las causantes de las alteraciones funcionales que sufre el organismo de las personas que se someten a estancias en la altura, las cuales varían en función de la altura de trabajo, duración de la misma, experiencia previa, edad, nivel de entrenamiento, etc.” **(García, Resistencia y entrenamiento: Una metodología práctica, 2007)**

2.3.11.1.1 SISTEMA RESPIRATORIO

Hiperventilación inicial que disminuye del tercer al quinto día

Aumento de la capacidad normal de difusión de O₂ a través de la membrana pulmonar.

Disminución del tiempo de apnea

2.3.11.1.2 SISTEMA CARDIOVASCULAR.

Taquicardia inicial que desaparece a los pocos días en los que se incrementa la eficiencia del corazón con un aumento del volumen sistólico y la tensión arterial.

Disminución inicial del gasto cardiaco (20 al 30 %), que se estabiliza de forma paralela al caso anterior.

2.3.11.1.3 SANGRE

Notable disminución del grado de saturación de O₂ de la sangre arterial, lo que induce al incremento de la producción de la eritropoyetina.

Incremento en la producción de eritropoyetina, especialmente durante las dos primeras semanas y en sujetos no entrenados, lo que lleva al incremento de glóbulos rojos (25%) y de la concentración de hemoglobina (50%).

Disminución del volumen plasmático (25%) durante los primeros 8 a 10 días. Esta disminución inicial regresa a los valores normales a los 6 días de regresar al nivel del mar.

Disminución del tiempo de coagulación, con reducción considerable de la protombina y aumento del fibrinógeno.

Aumento de capilares y encimas oxidativas, mitocondrias.

2.3.11.1.4 SISTEMA ENDOCRINO-METABÓLICO

El metabolismo basal varía significativamente a partir de los 2700 metros aumenta la pérdida del líquido, lo que provoca deshidratación con disminución del peso corporal.

Disminución del VO₂ máx. (Reducción del 1.5% al 3,5 % por cada 305 metros sobre los 1500metros).

El metabolismo de los hidratos de carbono muestra tendencia a la hipoglucemia.

Aumento de la insulina con disminución de los glúcidos en musculo e hígado.

2.3.11.2 RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA

“La altura topográfica de un lugar influye en la capacidad de rendimiento de un deportista a través, fundamentalmente, de tres factores.

La densidad del aire.

Composición química de este por la disminución de la PO₂.

El valor de la aceleración de la gravedad, valor que resulta influido conjuntamente por la altura y la latitud (aceleración de la gravedad disminuye 0.003086 m/ seg. 2 por cada 1000 metros)” **(Garcia, Navarro, & Ruiz, Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo, 1996)**

2.3.11.3 ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA

El entrenamiento en la altura se debe hablar desde 2 perspectivas

La aclimatación a la altura para poder competir en ella.

El entrenamiento realizado en altura para después competir a nivel del mar.

Antes de competir en la altura se precisa realizar un “stage” previo de aclimatación, especialmente en aquellos deportes en los que el componente de resistencia aeróbica es importante.

Esta aclimatación no se produce de una forma continua, sino que sigue un comportamiento ondulatorio característico. Estas oscilaciones son más marcadas cuando no se cumplen todos los requisitos metodológicos de trabajo durante la primera semana de estancia en la altura las cuales se conocen como periodos críticos entre el séptimo y noveno día.

El periodo de aclimatación nunca debe ser inferior a las dos semanas, siendo tres semanas el tiempo ideal.

En la primera semana es fundamental en el proceso de adaptación en donde la intensidad de trabajo debe ser baja, el volumen medio y el grado de dificultad técnica bajo.

La segunda semana constituye lo que se conoce como fase de de “vuelta” a las cargas habituales. En ellas se eleva la intensidad y el volumen de trabajo, se disminuyen las pausas de recuperación que se habían aumentado en la fase anterior y se aumenta la dificultad de las tareas.

La tercera semana permite el trabajo con carga elevadas, pudiéndose incluso pensar en planificar microciclos de preparación directa a la competición.

La altura ideal de trabajo varía con la disciplina a entrenar. Las alturas consideradas bajas (1800-2300) se emplean para modalidades que

requieran resistencia de velocidad, la velocidad y fuerza. Para disciplinas de mayor fondo se recomienda alturas entre 2300 y 3200.

Cuando se trata de utilizar la altura como modo de alcanzar mejoras en la capacidad, para después competir a nivel del mar, lo primero que debemos determinar es la altura en la que decide realizar el “stage.”

2.4 UMBRAL ANAERÓBICO

Abreviaturas

Sugieren los autores que el inicio del metabolismo anaeróbico que acontece durante el ejercicio puede ser detectado por tres vías: 1) incremento de la concentración de lactato en sangre, 2) descenso de la concentración arterial de bicarbonato y del pH, y 3) aumento del cociente respiratorio (RER). Los autores se plantearon conocer el comportamiento del

cociente respiratorio al incrementarse la sollicitación del metabolismo anaeróbico durante un ejercicio de intensidad progresivamente creciente. Así, cuando enfrentan RER y VO₂ durante un ejercicio obtienen un perfil que muestra un descenso de RER en las cargas iniciales de ejercicio, seguido de un aumento progresivo a partir de una determinada carga de trabajo. La mayor pendiente de la curva indica la tasa de VO₂ en la que la contribución del metabolismo anaeróbico comienza a ser importante; este punto se corresponde con el momento en que la concentración arterial de HCO₃⁻ desciende y la de lactato aumenta, reflejando precisamente la participación de la glucólisis anaeróbica en los procesos metabólicos de obtención de energía.

En definitiva, Wasserman y Mcllroy con esta investigación entran de lleno definitivamente en el estudio de la transición aeróbica-anaeróbica desde un punto de vista práctico y definen por vez primera el umbral anaeróbico, que ellos denominaron entonces “umbral de metabolismo anaeróbico”, como “la carga de trabajo o consumo de oxígeno a partir de la cual se comienza a instaurar un estado de acidosis metabólica y ocurren cambios asociados en el intercambio gaseoso”. **(Wasserman & Mcllroy , 1964)**

2.4.1 DIFERENCIAS TERMINOLÓGICAS

Las numerosas investigaciones realizadas desde 1964 en relación con la transición aeróbica-anaeróbica han planteado una modificación de la terminología utilizada. Asimismo, hay una renovación constante de las teorías propuestas para explicar los mecanismos responsables de los cambios observados durante ejercicios de carga progresiva, lo que obliga a la introducción de términos nuevos para expresarlos. La gran variedad de términos utilizados conlleva claras dificultades terminológicas, se convierten en ocasiones los debates sobre el AT en discusiones babilónicas. **(Wasserman & Mcllroy , 1964)** lo definen como: “nivel de trabajo o consumo de oxígeno inmediatamente por debajo de que aparezcan la

acidosis metabólica y los cambios asociados en el intercambio gaseoso”.: “consumo de oxígeno en el cual existe una aceleración simultánea en las concentraciones de lactato muscular y sanguíneo”. El umbral anaeróbico puede ser considerado como el parámetro que representa el más alto VO₂ que un sujeto puede desarrollar sin la aparición de acidosis metabólica sostenida. En sujetos normales se sitúa alrededor del 55% del VO₂max. **(Chicharro & Fernández, 2006)**, podemos resumir la nomenclatura utilizada en la siguiente tabla:

Umbrales que indican el comienzo de la producción de lactato

- Punto de óptima eficiencia respiratoria (Hollman, 1959)
- Umbral de metabolismo anaeróbico (Wasserman y McIlroy, 1964)
- Umbral aeróbico (Kindermann y col, 1979)
- Transición anaeróbica individual (Pesenhofer y col, 1981)
- OPLA (Inicio del acúmulo de lactato en plasma) (Farrell y col, 1979)
- Umbral láctico (Davis y col, 1976)
- Umbral Ventilatorio 1 (VT1) (Orr y col, 1982)

Umbrales que indican un máximo estado estable del lactato en sangre

- Umbral aeróbico - anaeróbico (Mader y col, 1976)
- Umbral anaeróbico (Kindermann y col, 1979)
- IAT (umbral anaeróbico individual) (Keul y col, 1979)
- Umbral anaeróbico individual (Stegmann y col, 1981)
- OBLA (inicio del acúmulo de lactato en sangre) (Sjödin y Jacobs, 1981)
- Umbral ventilatorio 2 (VT2) (Orr y col, 1982)

TABLA 1.- Terminología utilizada en relación a la transición aeróbica anaeróbica.

Ilustración 2 TERMINOLOGÍA UTILIZADA EN LA TRANSICIÓN AERÓBICA Y ANAERÓBICA

Fuente: (Chicharro & Fernández, 2006)

2.4.2 BASES FISIOLÓGICAS DE LA TRANSICIÓN AERÓBICO-ANAERÓBICA

Vamos a analizar el efecto de la acumulación de lactato sobre el intercambio gaseoso. Sabemos que durante el ejercicio por debajo del AT, el CO₂ producido estará en función de la tasa metabólica, o del consumo de oxígeno, y del sustrato energético.

A altas intensidades de trabajo, en las cuales el metabolismo aeróbico es complementado por los mecanismos de generación de energía anaeróbica, se produce ácido láctico. Debido a que el ácido láctico es altamente

disociable en el medio acuoso del citosol celular, más del 99% del ácido láctico debe ser tamponado. Los primeros 0,4 meq/l de incremento en el lactato celular serán tamponados por tampones intracelulares con un pK aproximadamente igual al pH del agua de la célula, ya que como se observa el lactato comienza a elevarse ligeramente antes de la caída del HCO_3^- .

Posteriormente el ácido láctico será tamponado estequiométricamente por el HCO_3^- . Por lo tanto el tamponamiento de ácido láctico por el HCO_3^- supone una fuente adicional de CO_2 , el cual se incrementa 22,4 ml por cada miliequivalente de incremento del lactato. Por lo tanto al CO_2 propio del metabolismo aeróbico se añade consiguientemente el CO_2 producto del tamponamiento de lactato. Evidentemente, el tamponamiento de ácido láctico que tiene lugar en célula se debe principalmente al HCO_3^- , siendo esta la base de la interrelación entre el intercambio gaseoso y la generación de ácido láctico. Cuando la concentración de lactato comienza a incrementarse aproximadamente 0,5 meq/l, en sujetos normales, la concentración de HCO_3^- comienza a disminuir, y VCO_2 aumenta de forma más abrupta que el VO_2 .

El tamponamiento de ácido láctico se producirá dentro de la célula, pero Knuttgen y Saltin (Knuttgen & Saltin, 1972), Jorfeldt et ál. (Jorfeldt, Juhlin-Dannfelt & Karlsson, 1978) y Chwalbinska-Moneta et ál. (Chwalbinska-Moneta et ál., 1989) han demostrado que el incremento de lactato en sangre arterial se produce sin una demora sustancial desde que este se incrementa en la célula muscular. Aunque otros autores indiquen lo contrario (Green et ál. 1983). Los cambios recíprocos en el lactato y HCO_3^- arterial se producen como consecuencia de un mecanismo de intercambio aniónico entre el agua intra y extracelular, debido a que la disminución celular del HCO_3^- y el aumento de lactato celular crean los potenciales electroquímicos necesarios para el movimiento de dichos aniones. No obstante, a altas cargas de trabajo, la producción de lactato intramuscular puede no verse reflejada de forma adecuada en la sangre arterial (Knuttgen & Saltin, 1972). El ión

hidrógeno (H^+) derivado de la producción de ácido láctico es responsable de la formación de H_2CO_3 y por ende, del CO_2 según la reacción: La enzima anhidrasa carbónica cataliza la reacción de ácido carbónico a anhídrido carbónico y agua, esta conversión ocurre a nivel intracelular y también cuando el ácido carbónico entra en el lecho vascular muscular. Debido al tamponamiento del ácido láctico, la presión parcial de CO_2 (PCO_2) y la concentración de H^+ de la sangre venosa capilar se incrementa, debido a ello para mantener la homeostasis la ventilación se incrementa. La ventilación responde a dos fuentes de CO_2 , el generado a partir del metabolismo aeróbico y el resultante del tamponamiento de ácido láctico. Wasserman et ál. (Wasserman et ál. 1975) mostraron que sujetos en los que se había extirpado los cuerpos carotídeos presentaban menor ventilación en cargas de trabajo por encima del umbral anaeróbico. 30 Nuevas tendencias en entrenamiento deportivo Sabemos que a potencias de trabajo ligeramente por encima del AT, la ventilación alcanza un estado estacionario de la V_c en forma prolongada; potencias de trabajo por encima del umbral anaeróbico provocan aumentos en el VO_2 elevándose hasta alcanzar el VO_{2max} , el consumo máximo de oxígeno del sujeto. Las potencias de trabajo también tienen un importante efecto sobre la respuesta ventilatoria, así, para ejercicios a potencia constante por debajo del umbral anaeróbico la ventilación, volumen corriente y frecuencia respiratoria alcanzan un estado estacionario en cinco minutos, por encima del umbral anaeróbico la ventilación aumenta mientras que el volumen corriente disminuye.

2.4.3 CONCEPTOS DE UMBRAL Y ANAEROBIOSIS

Aunque la mitocondria puede mantener su función a una PO_2 extremadamente baja (1 mmHg), la adecuación de los O_2 para la generación de energía por la vía oxidativa no se puede medir en términos de presión parcial tisular. Más bien, la cuestión principal sería si el aumento de los requerimientos musculares de O_2 durante el ejercicio puede ser satisfecho por la cuantía de O_2 transferida a la mitocondria en cantidad suficiente para

mantener una presión parcial que sea adecuada para la producción de fosfatos de alta energía. Los estudios iniciales asumían que la formación de lactato era casi exclusivamente debida a la falta de oxígeno, y por lo tanto al metabolismo anaeróbico celular. **(Saltin & Karlsson, 1971)** El mecanismo que determina la transferencia de sangre capilar a la mitocondria está definido por la ley de Fick de la difusión. Esta ley muestra que la masa transferida de una sustancia, como en nuestro caso el O₂, es proporcional a la diferencia entre las presiones parciales en el capilar (P_c) y la mitocondria (P_m) y al área de la superficie (A) (grado de hiperemia capilar), e inversamente proporcional a la distancia de difusión (L) del capilar a la mitocondria. La constante de proporcionalidad (k) es una función de la solubilidad y difusividad de O₂ en el tejido.

31 Umbral anaeróbico, ¿realidad o utopía? De los datos Bylund-Fellenius et ál. (Bylund-Fellenius et ál. 1981) el ratio L / P permanece en los niveles de reposo hasta que la P_{o2} cae por debajo de aproximadamente 8 mmHg, a partir de este momento se incrementa bruscamente, por ello la P_{o2} debe mantenerse por encima de 8 mmHg para evitar la anaerobiosis. Wasserman y Mc Ilroy (Wasserman & McIlroy, 1964) utilizaron la palabra anaeróbico para indicar que el aporte de oxígeno fue insuficiente para soportar las necesidades energéticas musculares mediante la utilización exclusiva del metabolismo aeróbico. Haouzi et ál. (Haouzi et ál., 1993) sugieren que la cinética de VO₂ se desacelera por encima del AT. Por ello la cinética VO₂, durante el ejercicio muscular, podría estar limitada por los mecanismos de transporte de O₂.

Algunos autores (Chirtel, Barbee & Stainsby, 1984; Donovan & Brooks, 1983; Green, Hughson, Orr & Ranney, 1983; Holloszy 1973) consideran que la hipoxia muscular no es la causa del incremento de lactato sanguíneo a una determinada carga de trabajo. Ellos consideran que la concentración de lactato sanguíneo es el resultado neto entre la producción de lactato y el aclaramiento del mismo. Estos autores indican que el incremento en la producción de lactato podría ocurrir precozmente pero no produciría un incremento en la concentración sanguínea de lactato debido a que también

se incrementa el aclaramiento del mismo. Jorfeldt et ál. (Jorfeldt, Juhlin-Dannfelt & Karlsson, 1978) y Kuttgen y Saltin (Kuttgen & Saltin, 1972), utilizando ejercicio en estado estacionario a potencias aproximadamente del 50-60% del $VO_2\text{max.}$, observaron que el lactato muscular no se incrementa. El patrón de cambio sería el mismo para el lactato muscular y sanguíneo, por lo que el incremento inicial en la concentración de lactato sanguíneo reflejaría el comienzo de la producción de lactato en el músculo que se está ejercitando, observando el comportamiento del lactato en ejercicios incrementales, llegaron a la conclusión de que las concentraciones de lactato sanguíneo e intramuscular pueden elevarse aun cuando existan concentraciones adecuadas de oxígeno celular. De lo que no hay duda es de que cuando la disponibilidad de oxígeno está limitada, se formará ácido láctico en el músculo, contribuyendo a la provisión de energía para la contracción muscular. Sin embargo, este hecho no es suficiente para concluir que la presencia de ácido láctico en el músculo activo se asocie con una limitada disponibilidad de oxígeno que restringe el metabolismo oxidativo. En este sentido es importante considerar si el ácido láctico puede ser formado en el músculo cuando la disponibilidad de oxígeno es adecuada ha mostrado que no es la falta de oxígeno la que estimula la glucólisis, que da como resultado la formación de ácido láctico al comienzo del ejercicio. En su estudio, Hogan demostró que el contenido de oxígeno de una fibra muscular esquelética aislada disminuye con una constante de tiempo similar a la constante de tiempo del aumento del VO_2 . Esta observación confirma que el aumento relativamente lento del VO_2 al comienzo del ejercicio no es debido a limitaciones en la cesión de oxígeno. Presumiblemente, el metabolismo oxidativo tiene una inercia elevada, y la fosfocreatina y la glucólisis proveen de energía mientras que el metabolismo oxidativo se acelera. La glucólisis que provoca la formación de ácido láctico debería ser interpretada como un proceso que ocurre sin la utilización de oxígeno, y no necesariamente en ausencia del mismo. Algunos autores no han encontrado evidencia de la existencia del fenómeno de umbral (Campbell, Hughson &

Green, 1989; Chirtel, Barbee & Stainsby, 1984; Yeh et ál., 1983), así, Yeh et ál. (Yeh, Gardner, Adams, Yanowitz & Crapo, 1983) reportaron que el lactato aumenta de manera exponencial en función de VO₂ –es decir, sin la existencia de un fenómeno umbral–. Sin embargo, el protocolo utilizado por los autores no fue uniforme, obteniéndose pocos datos a potencias de trabajo bajas, por otro lado, los autores no intentaron determinar si sus datos se ajustaban mejor a un modelo de umbral que a uno continuo. Debido a las importantes consecuencias fisiológicas de este hallazgo, Beaver et ál. (Beaver, Wasserman & Whipp, 1985) repitieron este estudio con un muestreo de sangre arterial uniforme y encontraron que los datos se ajustan a un modelo semilogarítmico con dos componentes aproximadamente lineales bien definidos con un punto de intersección, es decir, un umbral. Beaver et ál. también encontraron que los puntos de datos cerca del umbral mostraban una mejor adecuación a un modelo logaritmo-logaritmo que a un modelo semilogarítmico.

2.4.3 UMBRAL ANAERÓBICO EN DIFERENTES TIPOS DE EJERCICIO

Davis et ál. (Davis et ál., 1976) examinaron, en 39 estudiantes varones, la capacidad de comparación del umbral anaeróbico y el Vo₂max en tres modos de ejercicio, ergometría manual, pedaleo y caminando y corriendo en cinta. Los valores del umbral anaeróbico fueron $46,5 \pm 8,9$, $63,8 \pm 9,0$ y $58,6 \pm 5,8\%$ del VO₂ ± VO₂max respectivamente; no se observaron diferencias significativas entre las formas de ejercicio realizadas con las extremidades inferiores, pero sí existieron diferencias significativas entre la ergometría manual y las otras dos formas de ejercicio. No obstante, otros autores encuentran una importante contribución de la especificidad del tipo de ejercicio.

2.4.4 UMBRAL VENTILATORIO

2.4.4.1 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL UMBRAL VENTILATORIO

Se han utilizado numerosos parámetros para valorar el umbral ventilatorio así: muestran las variaciones en el intercambio gaseoso derivadas de la acidosis láctica durante un ejercicio incremental: 1) el mecanismo I, el aumento de VCO_2 relativo a VO_2 debido al tamponamiento celular; 2) mecanismo II, el aumento de la VE en respuesta al incremento de VCO_2 debido al tamponamiento para regular la $PaCO_2$ (tamponamiento isocápmico); y 3) mecanismo III, la compensación respiratoria para la acidosis metabólica con disminución de $PaCO_2$. El método para la determinación del AT por el mecanismo I se ha denominado la “V-slope” (Beaver, Wasserman & Whipp, 1986c), ya que se comparan los volúmenes de VCO_2 con VO_2 . Este método es adecuado para su utilización en pacientes, ya que los cambios dependen solo de las reacciones físico-químicas de tamponamiento del ácido láctico por el HCO_3^- , siendo independientes de la sensibilidad de los quimiorreceptores respiratorios o de la respuesta ventilatoria al ejercicio. Mediante este análisis el VCO_2 se correlaciona con el VO_2 (medidos simultáneamente respiración por respiración), identificándose un incremento de la pendiente (punto de ruptura). Siguiendo a Wasserman et ál. (Wasserman, Beaver & Whipp, 1990) el término “Umbral Ventilatorio” es incorrecto para referirnos a dicho punto, ya que este es independiente de la VE. La VCO_2 por debajo del AT se incrementa de forma lineal con el VO_2 , de forma proporcional al RER, la pendiente se sitúa de modo genérico entre 0,85 y 1,0 con un promedio de 0,97 para aquellos sujetos sometidos a una dieta normal. Sin embargo, por encima de la AT, la pendiente de la relación VCO_2 - VO_2 es más empinada, como consecuencia del tamponamiento del ácido láctico por el HCO_3^- .

2.4.4.2 RELACIÓN ENTRE UMBRAL VENTILATORIO Y LÁCTICO

Al incrementarse la potencia de trabajo durante el ejercicio se produce un incremento del lactato con una dinámica de umbral y dicho umbral es independiente del incremento en el piruvato, 2) el patrón de intercambio ventilatorio está altamente influenciado por la acumulación de lactato durante el ejercicio, y 3) el transporte de O₂ a las mitocondrias de los músculos activos comienza a estar limitado de forma crítica, muestran un coeficiente de correlación entre el umbral anaeróbico respiratorio y láctico, expresados como % VO₂max., de 0,95 en nueve sujetos que realizaban ejercicio incremental en cicloergómetro. Davis et ál. (Davis et ál., 1983) compararon los valores de consumo de oxígeno obtenidos en el umbral anaeróbico, determinado mediante intercambio de gases (incremento sistemático del VE/VO₂ sin incremento concomitante del VE/VCO₂), y mediante tres criterios lácticos (punto de ruptura, 2 mM, y 4 mM). Para ello, catorce sujetos realizaron un ejercicio maximal sobre cicloergómetro. Con respecto a los valores determinados por intercambio gaseoso se observaron los valores más altos en las determinaciones lácticas (44, 280 y 1028 mL·min⁻¹ respectivamente) siendo estas diferencias significativas ($p < 0,05$) cuando se utilizan como criterio de determinación del umbral anaeróbico los 2 o 4 mM. Aunola y Rusko (Aunola & Rusko, 1984) muestran coeficientes de correlación para el umbral anaeróbico respiratorio y láctico de 0,92 y 0,93, tan altos como los previamente reportados para el umbral aeróbico respiratorio y láctico (Davis, Frank, Whipp & Wasserman, 1979; Reinhard, Muller & Schmulling, 1979). Aunola y Rusko (Aunola & Rusko, 1986) demostraron que la interrelación entre el LT y VT parece ser dependiente del tipo de fibras mayoritario en los músculos en ejercicio. Smith y O'Donnell (Smith & O'Donnell, 1984) para validar la detección no invasiva del umbral anaeróbico compararon las respuestas de intercambio de gases y del lactato en un ejercicio incremental encontrando una excelente concordancia entre el lactato sanguíneo y el VE/VO₂. Hay que tener en cuenta la posible influencia del protocolo en la causalidad, de tal manera que un protocolo en el que el

ritmo de trabajo se incrementa lentamente, resultaría en un aumento de la concentración de lactato demasiado pequeña para producir un aumento detectable en el CO₂ procedente del tamponamiento, en relación con el CO₂ producido a partir del metabolismo.

2.4.5 UMBRAL LÁCTICO

Desde 1920 numerosos investigadores han considerado que el lactato sanguíneo no se incrementa significativamente en potencias de trabajo bajas y moderadas. La acumulación de lactato en el torrente sanguíneo ocurriría a cargas de trabajo alrededor del 40-60% del VO₂max. Es bien conocido que las concentraciones de lactato pueden verse alteradas por la depleción de glucógeno (Blomstrand & Saltin, 1999; Jacobs, 1981; Podolin, Munger & Mazzeo, 1991).

2.4.5.1 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO:

Debemos considerar que el ácido láctico se produce, en sujetos sanos, también en estado de reposo y con un correcto aporte de O₂. Hay que tener en cuenta que al comienzo del ejercicio, aunque éste sea de intensidad moderada, y debido a un retraso en la activación de los sistemas cardiovascular y pulmonar, la producción de ATP necesaria para sostener la carga de trabajo requerida se realiza transitoriamente a través de la activación de las vías energéticas anaeróbicas (glucólisis anaeróbica y metabolismo de los fosfágenos). El patrón de reclutamiento de las fibras musculares es también un importante determinante de la tasa de glucogenólisis y de la producción de lactato, debido a que el potencial metabólico difiere de forma importante entre las fibras musculares. Estas diferencias explican el hecho de que durante el ejercicio muy intenso, en que se reclutan todas las fibras musculares, la depleción de glucógeno y la acumulación de lactato es mucho más marcada en las fibras rápidas que en las lentas. Finalmente, varios factores pueden promover la formación de ácido láctico en el músculo. Uno de ellos es la aceleración de la

glucogenolisis y de la glucólisis (Febbraio et ál., 1998) como resultado del aumento de actividad simpático-adrenal; así, la influencia de la adrenalina sobre la glucogenólisis puede incluso provocar la liberación de lactato desde los músculos en reposo al mismo tiempo en que la liberación de lactato por los músculos activos ya no aumenta más (Chicharro et ál., 1995). Otro factor que puede aumentar la formación de ácido láctico por el músculo es la transferencia inadecuada de equivalentes reducidos a la mitocondria. Se sabe que el lactato es un intermediario metabólico que puede ser intercambiado entre diferentes células en un mismo músculo, o intercambiado entre la sangre y el músculo, así como entre la sangre y otros tejidos diferentes. Por consiguiente parece importante para un adecuado funcionamiento muscular el transporte del lactato a través del sarcolema. En este sentido, conocemos desde hace tiempo que el lactato no puede moverse libremente desde el músculo a la sangre, sino que el transporte por el sarcolema está mediado por un sistema que es saturable y estereoespecífico, la eliminación de ácido láctico: Durante el ejercicio el aumento de la liberación muscular de lactato se acompaña de un incremento de su eliminación plasmática, de manera que la tasa de aclaramiento del lactato plasmático aumenta en intensidades submáximas de trabajo en comparación con el reposo. Aproximadamente un 50-60% del lactato producido se metaboliza en el hígado, donde se difunde libremente a través de la membrana celular del hepatocita y se transforma de inmediato en piruvato a través de la reacción lactato-deshidrogenasa NAD dependiente. Otros órganos también participan en el aclaramiento del lactato, así, el músculo esquelético participa de forma importante en este aclaramiento (Ahlborg, Hagenfeldt & Wahren, 1976; Gleeson, 1996). Asimismo, el corazón es una víscera que debido a su gran capacidad oxidativa y elevado flujo sanguíneo, contribuye parcialmente a la eliminación de ácido láctico. Según el modelo bicompartimental (Freund & Zouloumian, 1981), el músculo esquelético desempeña un importante papel en el metabolismo del lactato

producido. Este modelo muestra que el 71-83% del lactato presente en los músculos activos es metabolizado en ellos durante la recuperación.

2.4.5.2 DEFINICIONES UMBRAL LÁCTICO:

El incremento de lactato en sangre arterial fue definido como “umbral anaeróbico, ya que la evidencia experimental indicaba que este se producía a un consumo de O₂ por encima del cual el metabolismo anaeróbico complementaba la sollicitación del metabolismo aeróbico.-Punto de ruptura: consumo de oxígeno más alto que puede ser alcanzado en un ejercicio incremental antes de que se observe una elevación en el lactato sanguíneo. Este fenómeno también ha sido llamado umbral anaeróbico, umbral aeróbico, punto de ruptura del lactato, OPLA.- Δ 1 mM: consumo de oxígeno observado en un ejercicio incremental, asociado a una concentración de lactato sanguíneo 1 mM. superior a los valores basales.-Concentración de lactato sanguíneo de 2,5 mM: consumo de oxígeno observado en un ejercicio incremental, asociado a una concentración de lactato sanguíneo de 2,5 mM.-Comienzo de la acumulación de lactato sanguíneo (OBLA): consumo de oxígeno observado en un ejercicio incremental, asociado a una concentración de lactato sanguíneo de 4,0 mM, este punto también ha sido llamado umbral anaeróbico por algunos investigadores (Karlsson & Jacobs, 1982).-Umbral anaeróbico individual: consumo de oxígeno más alto que puede ser mantenido, en un ejercicio incremental, sin que se produzca un incremento continuo en el acúmulo de lactato sanguíneo.

2.4.5.3 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL UMBRAL LÁCTICO

En 1994 Mientras que otros autores cuestionan la validez de la determinación del AT utilizando la frecuencia cardiaca en las pruebas realizadas en laboratorio (Francis et ál., 1989; Kuipers et ál., 1988). Lucía et ál. (Lucía et ál., 1999) observaron que la deflexión de la FC ocurre al 85% VO₂max en ciclistas profesionales, mientras que el VT1 y el LT lo hacían aproximadamente al 70% VO₂max. Por consiguiente, la deflexión de la FC se situaba en valores cercanos a los correspondientes al OBLA o al VT2

(aproximadamente situados al 90% VO₂max), aunque no encontraron correlación entre la deflexión de la FC y OBLA o VT₂. Por su parte, Jones y Doust (Jones & Doust, 1995) evaluaron la fiabilidad test-retest del test de Conconi en un grupo de corredores bien entrenados. De los 15 corredores que participaron en el estudio, solo en 6 (40%) fue determinado el punto de deflexión de la FC en los dos test, alcanzando una correlación significativa ($r=0,89$). Según los autores, la utilidad del método de Conconi parece limitada por la baja incidencia del punto de deflexión, por las dificultades objetivas de determinación y por la escasa reproducibilidad de la respuesta de la frecuencia cardíaca en el ejercicio submáximo. Bourgois y Vrijens (Bourgois & Vrijens, 1998) examinaron la validez del método de la deflexión de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio de remo. Los resultados mostraron que la potencia de trabajo correspondiente a la deflexión de la frecuencia cardíaca estaba sobrestimada con relación al AT y por consiguiente no debe ser utilizada para prescribir cargas de trabajo en el entrenamiento de resistencia en remo. En este mismo sentido, Vachon et ál. no encuentran que la deflexión de la frecuencia cardíaca sea un adecuado predictor del LT. Se ha intentado utilizar la medida trascutánea de pCO₂ (pCO₂ [tc]) (Breuer et ál., 1993), pero se observó que la aparición del AT determinado mediante pCO₂ (tc) se produjo a la misma potencia de trabajo que el VT, pero a una menor carga que el LT. Sabemos que la concentración de lactato en sangre y catecolaminas en plasma muestra un incremento exponencial durante un ejercicio incremental, con la existencia de un fenómeno de umbral a similares intensidades submáximas de ejercicio (50-70% VO₂max). **(Cejuela, Chinchilla, Cortell, & Perez, 2010)**

2.5 TEST DE DIPER

Test DIPER cuyas sigla significan Determinación de la Intensidad y la Potencia para el Entrenamiento de resistencia , nos permite sacar ritmos de carrera para el entrenamiento y la frecuencia cardíaca de dichos ritmos en cada deportista .Se estima la velocidad Aeróbica Maxima , que es la

velocidad máxima que el cuerpo soporta obteniendo energía con la ayuda del oxígeno.

2.5.1 Tabla de Ajustes

La tabla tiene por objeto preestablecer los ritmos para cada uno de los tramos , esta prevista para un máximo de 15 tramos de 400m, en los cuales cada uno debe ser recorrido en menos tiempo .Estos se establecen con incrementos de velocidad regresivos , lo que quiere decir que a medida que la velocidad va aumentando , los incrementos de cada uno de estos tramos se va reduciendo con el objetivo de saturar el metabolismo anaeróbico en los últimos , de forma que la única posibilidad de mejorar velocidad sea a expensas del metabolismo aerobico.

CÁLCULO DE TIEMPOS PARCIALES EN FUNCIÓN DE LA MARCA ESTIMADA										Marca en 800	Marca en 1.500	Marca en 5.000	Marca en 10.000	
											3:50,00			
	400	1.000	50	100	150	200	250	300	350	400	VOLCADO	VOLCADO	VOLCADO	VOLCADO
1	1:34,69	3:56,73	0:11,84	0:23,67	0:35,51	0:47,35	0:59,18	1:11,02	1:22,86	1:34,69		3:56,73		
2	1:30,69	3:46,73	0:11,34	0:22,67	0:34,01	0:45,35	0:56,68	1:08,02	1:19,36	1:30,69		3:46,73		
3	1:26,69	3:36,73	0:10,84	0:21,67	0:32,51	0:43,35	0:54,18	1:05,02	1:15,86	1:26,69		3:36,73		
4	1:22,69	3:26,73	0:10,34	0:20,67	0:31,01	0:41,35	0:51,68	1:02,02	1:12,36	1:22,69		3:26,73		
5	1:19,49	3:18,73	0:09,94	0:19,87	0:29,81	0:39,75	0:49,68	0:59,62	1:09,56	1:19,49		3:18,73		
6	1:16,29	3:10,73	0:09,54	0:19,07	0:28,61	0:38,15	0:47,68	0:57,22	1:06,76	1:16,29		3:10,73		
7	1:13,09	3:02,73	0:09,14	0:18,27	0:27,41	0:36,55	0:45,68	0:54,82	1:03,96	1:13,09		3:02,73		
8	1:10,69	2:56,73	0:08,84	0:17,67	0:26,51	0:35,35	0:44,18	0:53,02	1:01,86	1:10,69		2:56,73		
9	1:08,29	2:50,73	0:08,54	0:17,07	0:25,61	0:34,15	0:42,68	0:51,22	0:59,76	1:08,29		2:50,73		
10	1:05,89	2:44,73	0:08,24	0:16,47	0:24,71	0:32,95	0:41,18	0:49,42	0:57,66	1:05,89		2:44,73		
11	1:04,29	2:40,73	0:08,04	0:16,07	0:24,11	0:32,15	0:40,18	0:48,22	0:56,26	1:04,29		2:40,73		
12	1:02,69	2:36,73	0:07,84	0:15,67	0:23,51	0:31,35	0:39,18	0:47,02	0:54,86	1:02,69		2:36,73		
13	1:01,09	2:32,73	0:07,64	0:15,27	0:22,91	0:30,55	0:38,18	0:45,82	0:53,46	1:01,09		2:32,73		
14	1:00,29	2:30,73	0:07,54	0:15,07	0:22,61	0:30,15	0:37,68	0:45,22	0:52,76	1:00,29		2:30,73		
15	0:59,49	2:28,73	0:07,44	0:14,87	0:22,31	0:29,75	0:37,18	0:44,62	0:52,06	0:59,49		2:28,73		

Ilustración 3 TABLA DE AJUSTES TEST DIPPER

Fuente: Maiano Garcia Verdugo Delmas

2.5.2 Tabla de Control

Esta hoja esta diseñada para ser impresa y llevada para controlar el test DIPER , se trata de una tabla en la cual constan los tiempo en los cuales el atleta debería entrar durante el test en una pista de 400m.

2.5.3 Hoja del Test DIPER

En esta tabla podemos encontrar los tiempos en 400 y 1000m. , la Frecuencia cardiaca y el lactato, además podemos encontrar las Zonas de entrenamiento así como la Velocidad Aeróbica Maxima y el VO2 de cada deportista.

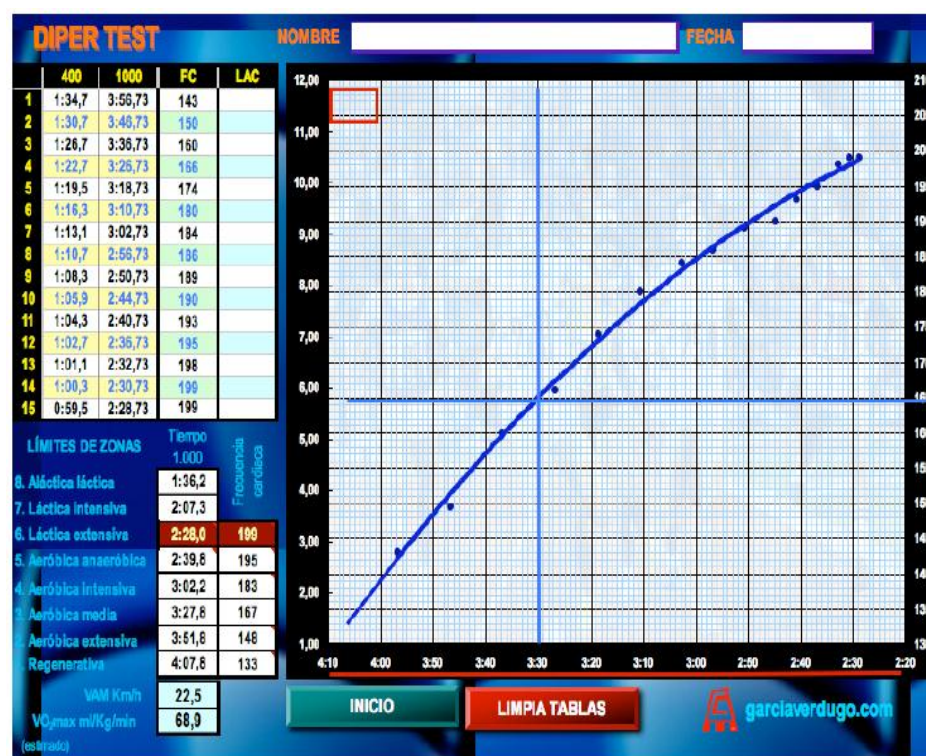


Ilustración 4 HOJA DE TEST DIPER

Fuente: Maiano Garcia Verdugo Delmas

2.5.4 MATERIAL NECESARIO

Se precisa solamente:

La tabla de control impresa que se facilita con el programa.

Una pista de atletismo de 400 m.

8 referencias para señalar cada 50 m (pueden ser conos, picas etc.

1 pulsómetro para cada atleta. Puede ser sencillo ya que solamente se precisará observarlo cada vez que el atleta pase por meta.

1 silbato para realizar señales acústicas en cada tiempo parcial.

Un lápiz o bolígrafo para anotar la frecuencia cardiaca, en el caso de que no quedase grabada en el pulsómetro.

CAPÍTULO 3
METODOLOGÍA DE LA
INVESTIGACIÓN

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio a realizarse es de tipo cuasi experimental, ya que permitirá analizar parámetros fisiológicos, como el intercambio de gases pulmonares, la acumulación de lactato y frecuencia cardiaca en altura del equipo de pentatlón militar de las Fuerzas Armadas durante su periodo de entrenamiento a fin de alcanzar un nivel óptimo de rendimiento, con el propósito de tener datos científicos de la incidencia de estos factores fisiológicos en el entrenamiento de los pentatletas durante la competición y de esta manera determinar indicadores referenciales que permitan a los entrenadores y preparadores físicos planificar adecuadamente el entrenamiento.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En el presente estudio se aplicará al equipo de Pentatlón Militar de las Fuerzas Armadas que se encuentra entrenando con miras al campeonato mundial de cadetes Agosto 2014.

Las muestras se tomarán mediante la aplicación de un test progresivo DIPPER test (Garcia Verdugo) con el empleo de un analizador de gases pulmonares (VO-2000), medidor de lactato (Accuntrend plus) y medidores de frecuencia cardiaca (Polar RCX5) en la pista sintética de la ESMIL.

NÓMINA DE INVESTIGADORES

GRADO	NOMBRES	FUNCIÓN
MSC	MARIO VACA	DIRECTOR
DRA	CARMITA QUIZHPI	CODIRECTOR
CAPT.	FERNANDO ALARCÓN	TESISTA
CAPT.	LUIS PAREDES	TESISTA

NÓMINA DE ENTRENADORES

GRADO	NOMBRES	FUNCIÓN
SGOP.	DIAS	ENTRENADOR

NÓMINA DE LOS DEPORTISTAS**EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR**

KDT.	Boris Velazco
KDT.	Pablo Pinto
KDT.	Edgar Peñafiel
KDT.	Luis Jarrin
KDT.	Tazan Iban
KDT.	Yanez Sebastian

3.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

3.3.1 MEDICIÓN DEL INTERCAMBIO DE GASES PULMONARES

El intercambio de gases pulmonares será monitoreado y medido mediante el analizador de gases pulmonares VO2000.

3.3.2 MEDICIÓN DE LACTATO

Las muestras de lactato serán tomadas mediante tiras reactivas BM – Lactate, y su procesamiento mediante el analizador Accuntrend Plus.



3.3.3 MEDICIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA

El monitoreo de la frecuencia cardiaca se realizara a través de reloj Polar RCX5 y el procesamiento de datos será realizado mediante el software Polar Protrainer en línea .



3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de la investigación están dadas por los resultados del análisis y comportamiento del intercambio gaseoso, lactato y frecuencia cardiaca en altura durante un test progresivo (DIPPER).

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	VENTILACIÓN PULMONAR	DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	Es un proceso mediante el cual entra y sale aire en nuestros pulmones , realizando el proceso inspiración de O2. y expiración de CO2.	Ventilación Pulmonar Difusión Pulmonar	Inspiración Expiración Inspiración y expiración Forzada Intercambio gaseoso Umbral Anaerobio	Niveles intercambio de O2 y CO2. Umbral Anaeróbico	Test DIPE Máquina medidora de intercambio gaseoso VO2000
DEFINICIÓN OPERACIONAL	Será analizado de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestra de gases respiratorios durante un test progresivo (DIPPER) • Introducir los resultados en una base de datos. • Analizar los resultados obtenidos. • Comparar los niveles de O2 y CO2 con la fisiología de cada atleta. 				

CONTINUA →

VARIABLE	LACTATO	DIMENCIONES	SUBDIMENCIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	El lactato es un compuesto orgánico formado por carbón, hidrógeno y oxígeno. Además de ser un producto secundario del ejercicio, también es un combustible que se encuentra en los músculos, la sangre y varios órganos. glicólisis,	Ácido Láctico Lactato	Glucolisis	Niveles de Lactato en sangre	Test DIPER Medidor de Lactato

DEFINICIÓN OPERACIONAL

Será analizado de la siguiente manera:

- Toma de muestra de lactato antes de cada test planificado
- Introducir los resultados en una base de datos.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Comparar los niveles de lactato con la fisiología de cada atleta.

VARIABLE	FC	DIMENCIONES	SUBDIMENCIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS

CONTINUA →

<p>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</p>	<p>La frecuencia cardiaca son las veces que late el corazón por unidad de tiempo. Es un valor muy importante en el deporte ya que nos dice numéricamente, objetivamente y rápidamente las adaptaciones al ejercicio que se están produciendo en el atleta.</p>	<p>Frecuencia Cardiaca. Frecuencia Cardiaca durante el ejercicio</p>	<p>Frecuencia Cardiaca en reposo. Frecuencia cardiaca máxima. Frecuencia Cardiaca durante la recuperación.</p>	<p>Latidos por minuto antes ,durante y después del entrenamiento,</p>	<p>Test DIPER Medidor de frecuencia cardiaca</p>
----------------------------------	--	---	--	---	---

DEFINICIÓN OPERACIONAL

Será analizado de la siguiente manera:

- Recolección de datos de frecuencia cardiaca antes durante y después finalizado el test.
 - Introducir los datos en una base de datos.
 - Análisis del comportamiento de la frecuencia cardiaca en reposo.
 - Recolección de datos de la frecuencia cardiaca máxima durante la finalización del test.
 - Introducir los datos en una base de datos
 - Recolección de datos de la curva de comportamiento de la frecuencia cardiaca durante el test.
 - Comparar los datos con la fisiología del atleta.
-

4 PROTOCOLO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Un protocolo es aquel que nos describe los objetivos, diseño, metodología y consideraciones tomadas en cuenta para la implementación y organización de una investigación o experimento científico. Incluye el diseño de los procedimientos a ser utilizados para la observación, análisis e interpretación de los resultados.

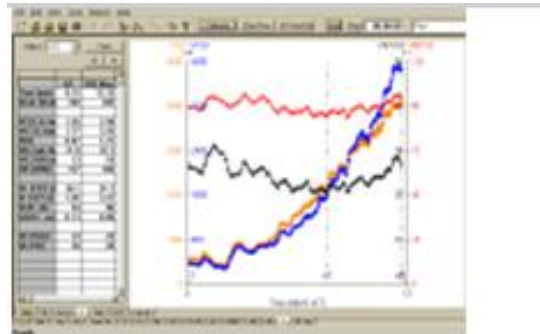
Para la realización de esta investigación utilizaremos un test de campo progresivo y así realizar la toma de muestras de cada uno de los parámetros fisiológicos (Intercambio de gases pulmonares, Lactato y Frecuencia Cardíaca) los atletas fueron sometidos a un test progresivo establecidos en el macrociclo de entrenamiento.

4.1 TOMA DE MUESTRAS DEL INTERCAMBIO DE GASES PULMONARES

4.1.1 INSTRUMENTOS

El VO2000 de Medgraphics es un sistema Portátil para estudios de intercambio de gases respiratorios, ofreciendo el más versátil, confortable y preciso equipo para el estudio de VO₂ en un laboratorio pulmonar a pacientes ambulatorios o internados. El VO2000 es un equipo fácil y simple de utilizar.

El VO2000 guarda los datos en una memoria incorporada para su posterior descarga, trabaja de manera remota con un continuo suministro de datos de la opción de telémetro, o trabaja conectado a un PC.



4.1.2 VO2 Procedimiento de prueba

Preparación para una prueba

1. Asegúrese de haber calentado el sistema y entró en las condiciones ambientales actuales.
2. Abra un archivo de paciente existente o crear uno nuevo si es necesario.
3. En la ficha del paciente, haga clic en Agregar Visita a comenzar una nueva sesión de pruebas.
4. Rellene los Demografía visita y pestañas historia clínica del paciente.
5. Seleccione la ficha GX.

6. Seleccione la secuencia de comandos GX en la ficha Configuración y ajustar la configuración si es necesario.
7. Indique al sujeto para aflojar la ropa apretada, describa proceso de prueba y demostrar la técnica adecuada antes de la prueba.
8. Preparar e inspeccionar el neumotacógrafo para la prueba.
9. Coloque el neumotacógrafo para que la línea de la muestra entra en la parte superior de la neumotacómetro.

Pruebas de ejercicio

Procedimiento de prueba de esfuerzo estándar

- 1 Seleccione la pestaña de prueba.
- 2 Desconecte la línea umbilical del VO2000 antes de la calibración automática.
- 3 Haga clic en Inicio en el terreno de prueba para iniciar la recopilación de datos.
- 4 Haga clic en Ejercicio para activar manualmente la prueba de esfuerzo. Las pruebas de esfuerzo se inicia cuando se inicia el protocolo haciendo clic en Ejercicio .Si bien la prueba, puede utilizar el teclado de prueba a:

Pasar a la siguiente etapa de protocolo, haga clic en Next Stage.

Pausa en la etapa actual, haga clic Stage Hold.

Controlar manualmente el ergómetro haciendo clic en Manual.

Monitor de fase y temporizadores etapa y la carga de trabajo actual del dispositivo en la zona de ensayo.

5 Haga clic en Recuperación para poner fin a ejercicio y comenzar la fase de recuperación de la prueba.

6 Haga clic en Detener para finalizar la recolección de datos.

7 Seleccione Umbral anaeróbico si se logra.

8 Seleccionar e imprimir el informe.

Pruebas de reposo y Metabólicas

Procedimiento de prueba estándar RMR

1 Asegúrese de haber calentado el sistema y entró en las condiciones ambientales actuales.

2 Abrir un archivo de paciente existente o crear uno nuevo si es necesario.

3 En la ficha del paciente, haga clic en Agregar Visita a comenzar una nueva sesión de pruebas.

4 Rellene los Demografía visita y pestañas historia clínica del paciente.

5 Seleccione la ficha GX.

6 Seleccione el script metabólica en la ficha Configuración y ajustar la configuración si es necesario.

7 Seleccione la pestaña de prueba.

8 Desconecte la línea umbilical del VO2000 antes de la calibración automática.

9 Conectar el sujeto a la mascarilla o boquilla. Asegúrese de que está usando el pequeño LF para prevenir la prueba de RMR. Permita darle tiempo para adaptarse a la condición.

10 Una vez que el sujeto aparece relajado, haga clic en Inicio en la almohadilla de prueba. Los datos se inician la actualización y la voluntad seguir actualizando con cada respiración.

11 Una vez que la prueba haya finalizado haga clic en Detener.

Ejercicio / RMR Ambulatoria Procedimiento de prueba

1 Mientras que en la pantalla de escritura GX seleccionar el menú " Herramientas " de la parte superior de la barra de herramientas BreezeSuite y elegir la opción " VO2000 Control / Control".

2 Desconecte la línea umbilical del VO2000 antes de la calibración.

3 Haga clic en el botón " Calibrar " para realizar la calibración VO2000.

4 Haga clic en el botón "Heart Rate" para ver la señal de corriente del ritmo cardíaco si se utiliza la opción de frecuencia cardíaca Polar (opcional).

5 Haga clic en " Activar" para iniciar la prueba ambulatoria.

6 Una vez que el VO2000 se ha activado, desconecte el cable serial RS232 a RJ11 de la parte posterior del VO2000 (Jack estilo del teléfono).

7 Conecte el cable RJ11 a RJ11 entre el paquete de batería a la VO2000.

8 Encienda la batería ambulatorio, asegúrese de que la luz LED de la batería se ilumina en verde.

9 Desconecte la fuente de alimentación AC / DC de la parte posterior del VO2000.

10 Realizar pruebas ambulatoria (20 a 30 minutos como máximo la vida de la batería en carga completa).

11 Cuando se ha completado las pruebas ambulatoria conectar el VO2000 a la fuente de alimentación de CA / CC.

12 Desconecte el cable RJ11 a RJ11 entre el VO2000 y la batería de la parte posterior del VO2000.

13 Conecte el RJ11 al cable serial RS232 entre el ordenador y el VO2000.

14 En la ventana Control / Control VO2000 seleccione el botón " desactivar " y el VO2000 dejará de muestreo.

15 Mientras que en la pantalla GX / Configuración en BreezeSuite para los pacientes actuales visite seleccione en el menú Herramientas el control VO2000 / Descargar opción para descargar los datos de prueba.

16 Una vez que los datos han completado la descarga de los datos de prueba se pueden ver en la pestaña "Test".

4.1.3 PROTOCOLO DE MEDICIÓN

Para la toma de muestras de Intercambio de gases se mantuvo el siguiente protocolo.

Instrumento de medición

VO2000

Intercambio de gases en reposo:

Monitoreo del intercambio de gases en reposo entre las 05:00am y 06:00am.

Antes del iniciar el test o la sesión de entrenamiento.

Se coloca el VO2000 para obtener los primeros datos de VO₂ y CO₂.

Durante el Test:

El test consta de 15 repeticiones de 400m. A una intensidad progresiva obtenida de los mejores tiempos obtenidos ya sea en 5000m. o 10000m.

En cada repetición de 400m. Se registra los valores VO₂, CO₂.

Durante cada vuelta existe un descanso de 30 segundos.

Se emplea conos en cada 100m. De la pista para que el deportista mediante una señal acústica pueda ser guiado en la intensidad del recorrido.

Al final se toma la muestra del valor máximo obtenido en VO₂, CO₂.

Durante la recuperación:

Cuando el deportista termina el test tendrá un minuto para luego tomar el siguiente dato de VO₂, CO₂

Este es el procedimiento que se sigue para los próximos cinco minutos que se obtendrán datos durante la recuperación.

4.2 TOMA DE MUESTRAS DE LA FRECUENCIA CARDIACA.

Las muestras de frecuencia cardiaca fueron tomadas con los instrumentos y protocolo que se detalla a continuación.

4.2.1 INSTRUMENTOS

4.2.1.1 RELOJ MEDEDIDOR DE FRECUENCIA CARDIACA MARCA POLAR RCX5.

En el desarrollo de esta investigación la toma de muestras de frecuencia cardiaca fueron realizadas por medio del reloj marca POLAR RCX5 que es un pulsómetro electrónico que mide de forma gráfica y digital las pulsaciones del corazón por minuto.

“Los reloj POLAR RCX5 constan del visualizador, que normalmente es como un reloj de pulsera y la banda que se coloca en el pecho. La banda es una especie de cinturón que se coloca en el pecho que permite el conteo de los latidos y pasa la información al reloj”.

Para un correcto funcionamiento de este instrumento de investigación se realizan las siguientes acciones:

Humedezca la banda del transmisor con agua.

Coloque el transmisor de frecuencia cardiaca en el pecho de manera que se sienta cómodo.

Presione OK para iniciar el reloj POLAR e iniciar la medición de la frecuencia cardiaca.

Presiones nuevamente OK para iniciar el ejercicio

Pare la prueba presionando STOP. Los datos quedaran guardados.

Para observar los datos monitoreados use el interface mediante el puerto USB y transfiera los datos del reloj a un ordenador en la página web. Polarpersonaltrainer.com.

4.2.1.2 PROTOCOLO DE FRECUENCIA CARDIACA

Para la toma de muestras de frecuencia cardiaca se mantuvo el siguiente protocolo, en relación a lo establecido en el macro ciclo de entrenamiento presentado por el entrenador.

Frecuencia cardiaca en reposo.

Monitoreo de la frecuencia cardiaca en reposo entre las 05:00am y 06:00am.

Monitoreo de la FC en reposo entre las 05:00am y 06:00am.

Antes del iniciar el test o la sesión de entrenamiento.

Se coloca el medidor de FC para obtener los primeros datos de FC.

Durante el Test:

El test consta de 15 repeticiones de 400m. A una intensidad progresiva obtenida de los mejores tiempos obtenidos ya sea en 5000m. o 10000m.

En cada repetición de 400m. Se registra los valores FC.

Durante cada vuelta existe un descanso de 30 segundos.

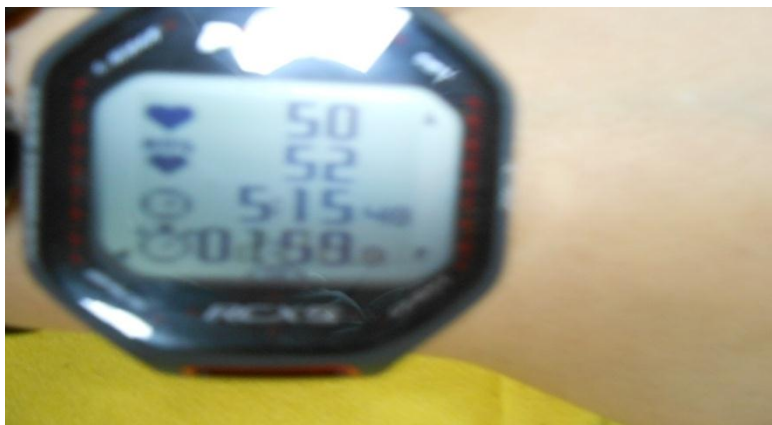
Se emplea conos en cada 100m. De la pista para que el deportista mediante una señal acústica pueda ser guiado en la intensidad del recorrido.

Al final se toma la muestra del valor máximo obtenido en FC.

Durante la recuperación:

Cuando el deportista termina el test tendrá un minuto para luego tomar el siguiente dato de FC.

Este es el procedimiento que se sigue para los próximos cinco minutos que se obtendrán datos durante la recuperación.



Indicaciones generales

- Verificación de funcionamiento del reloj POLAR previo al inicio de la sesión de entrenamiento o los test.

- Colocación de la banda de monitoreo de la frecuencia cardiaca en el pecho del atleta.
- Colocación del GPS en el brazo del atleta.
- Recopilación de datos a través del interface y dispositivo infrarrojo del reloj POLAR en un ordenador.
- Creación de una Base de datos y determinar cuadros estadísticos

4.3 TOMA DE MUESTRAS DE LACTATO

Un test de lactato es una prueba sencilla que se realiza sobre un tapiz rodante en un Laboratorio de Fisiología del Ejercicio o en una pista de atletismo, y que básicamente consiste en obtener una micro muestra de sangre (generalmente capilar del pulpejo del dedo) para valorar la concentración de lactato a distintas intensidades (velocidad) de ejercicio, conformando una curva de lactato.

Las muestras de lactato fueron tomadas con los instrumentos y protocolo que se detalla a continuación.

4.3.1 INSTRUMENTOS

4.3.1.1 MAQUINA ANALIZADORA ACCUTREND PLUS.

“El instrumento Accutrend Plus se utiliza para la medición cuantitativa de cuatro parámetros sanguíneos: glucosa, colesterol, triglicéridos y lactato. Se realiza una medición fotométrica de la reflectancia utilizando tiras reactivas específicas para cada uno de estos parámetros sanguíneos. Este instrumento es apropiado para el uso profesional y para la medición por el propio sujeto.”

4.3.1.2 TIRAS REACTIVAS BM-LACTATE.

Las tiras permiten determinar de manera cuantitativa del lactato en sangre debe ser utilizada exclusivamente con Accutrend Lactate, Accusport o Accutrend Plus.

“Cada tira reactiva tiene una zona reactiva que contiene los reactivos indicadores. Cuando se aplica la sangre capilar, se produce una reacción química y la zona reactiva cambia de color. El instrumento analizador registra este cambio de color y convierte la señal de medición en el resultado mostrado utilizando los datos introducidos previamente mediante la tira de codificación.

La sangre capilar aplicada se filtra a través de la malla protectora amarilla hasta la red de fibra de vidrio; los eritrocitos quedan retenidos y solo alcanza la película indicadora el plasma sanguíneo. El lactato se determina mediante fotometría de reflectancia a una longitud de onda de 657 nm en una reacción colorimétrica con el mediador lactato-oxidasa”, a continuación se detalla gráficamente el funcionamiento:

Además de estos instrumentos para la realización de este trabajo de investigación se utilizaron materiales como: Lancetas quirúrgicas, guantes quirúrgicos, alcohol y algodón.



4.3.1.3 PROTOCOLO

Para la toma de muestras de Lactato se mantuvo el siguiente protocolo, en relación a lo establecido en el macrociclo de entrenamiento presentado por el entrenador.

Lactato en reposo.

Monitoreo del Lactato en reposo entre las 05:00am y 06: 00am.

Antes del iniciar el test o la sesión de entrenamiento.

Se preparan las tiras de lactato y el medidor para tomar la primera muestra de sangre antes del test y así obtener el valor de lactato en sangre inicial.

Durante el Test:

El test consta de 15 repeticiones de 400m. A una intensidad progresiva obtenida de los mejores tiempos obtenidos ya sea en 5000m. o 10000m.

En cada repetición par de 400m. Se realiza una toma de muestra de sangre

Durante cada vuelta existe un descanso de 30 segundos.

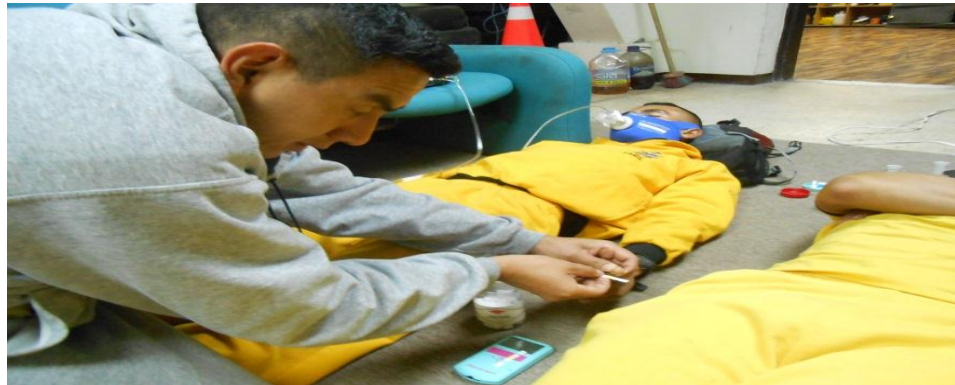
Se emplea conos en cada 100m. de la pista para que el deportista mediante una señal acústica pueda ser guiado en la intensidad del recorrido.

Al final se toma la muestra de sangre para obtener el valor máximo de lactato en sangre.

Durante la recuperación:

Cuando el deportista termina el test tendrá un minuto para luego tomar la siguiente muestra de sangre.

Este es el procedimiento que se sigue para los próximos cinco minutos que se obtendrán datos durante la recuperación.



4.4 Protocolo Test DIPER

El test se ha ajustado mediante un protocolo concreto, por lo tanto deberá mantenerse este con el fin de lograr que sea fiable. Para ello se debe seguir el siguiente proceso:

4.4.1 INSTRUCCIONES Y CONSEJOS PRELIMINARES

El test consta de 15 repeticiones de 400m. A una intensidad progresiva obtenida de los mejores tiempos obtenidos ya sea en 5000m. O 10000m.

En cada repetición par de 400m. Se realiza una toma de muestra de sangre para obtener los valores de Lactato en sangre.

Durante cada vuelta existe un descanso de 30 segundos.

Se emplea conos en cada 100m. De la pista para que el deportista mediante una señal acústica pueda ser guiado en la intensidad del recorrido.

Al final se toma la muestra de sangre para obtener el valor máximo de lactato en sangre.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 3 DATOS DE FC, LACTATO, VO₂, CO₂, PULSO DE OXÍGENO Y MET DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR

EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR		PESO/kg	FC/ PPM	LACT. /mmol	VO ₂ /ml/min	VO ₂ /ml/kg/min	Pulso/O ₂	MET
KDT.	Boris Velazco	54,40	46	1,60	199,50	3,67	4,34	1,05
KDT.	Pablo Pinto	70,00	57	1,60	177,00	2,53	3,11	0,72
KDT.	Edgar Peñafiel	57,00	40	3,20	180,00	3,16	4,50	0,90
KDT.	Luis Jarrin	60,00	46	4,50	150,00	2,50	3,26	0,71
KDT.	Tazan Iban	67,00	49	2,00	150,00	2,24	3,06	0,64
KDT.	Yanez Sebastian	70,00	40	2,10	180,00	2,57	4,50	0,73

VALOR MÍNIMO

FC/PPM	LACT. /mmol	VO ₂ /ml/min	VO ₂ /ml/kg/min	Pulso/O ₂	MET
40	1,6	150,00	2,24	3,06	0,64

VALOR MÁXIMO

FC/PPM	LACT. /mmol	VO ₂ /ml/min	VO ₂ /ml/kg/min	Pulso/O ₂	MET
57	4,5	199,5	3,667279412	4,5	1,05

PROMEDIO

FC/PPM	LACT./mmol	VO ₂ /ml/min	VO ₂ /ml/kg/min	Pulso/O ₂	MET
46,33	2,50	172,75	2,78	3,79	0,79

Los datos obtenidos durante el reposo nos proporcionan una información general de los valores mínimos, máximos y promedio durante el reposo y así poder analizar la condición individual de cada deportista.

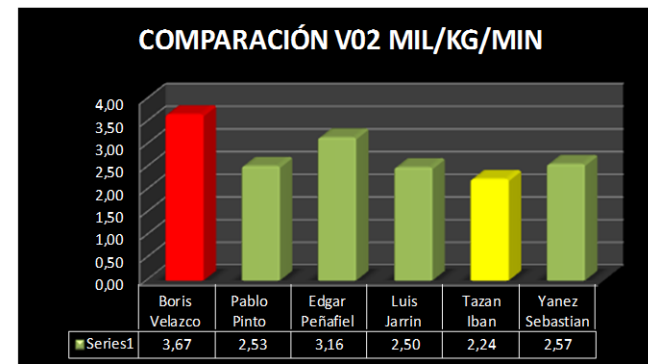
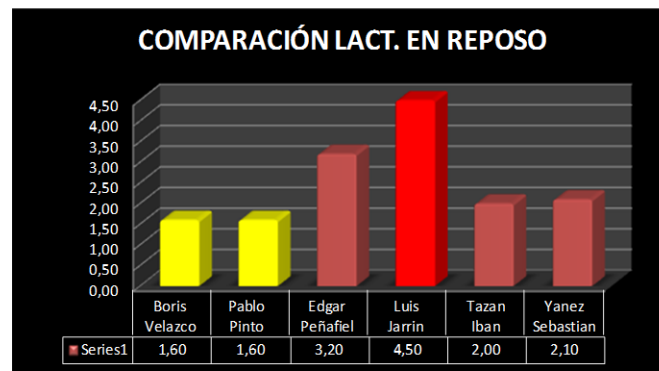
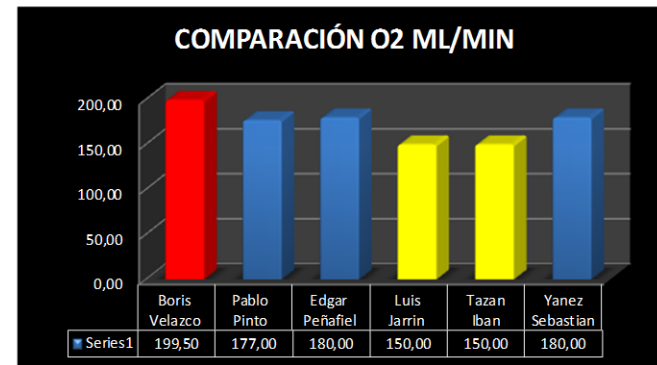
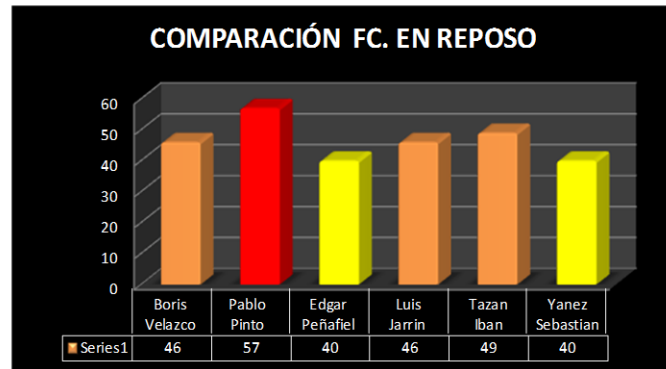


Ilustración 5 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LOS PENTATLETAS DEL EQUIPO MASCULINO

Tabla 4 DATOS DE FRECUENCIA CARDIACA,LACTATO,VO2, INTERCAMBIO DE GASES PULMONARES ,PULSO DE OXÍGENO Y MET, OBTENIDOS DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR DURANTE UN TEST DE ESFUERZO PROGRESIVO(DIPPER). KDT. BORIS VELAZCO

KDT. VELAZCO BORIS											
Peso	54,4	TIEMPO 10KM	0:34:15								
VO2MAX	58,8	ml/kg/min									
VUeltas	RITMOS /400m.	RITMOS /1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC	LACT.	VO2/ml/kg/ min	VO2/ml. min	CO2/ml.min	RQ	PUSLO DE O2	MET
1	0:01:47	0:04:27	13,48	158		44,38	2414	1700	0,70	15,28	12,68
2	0:01:43	0:04:17	14,01	159	4,2	46,14	2510	2088	0,83	15,79	13,18
3	0:01:39	0:04:07	14,57	167		51,40	2796	2494	0,89	16,74	14,68
4	0:01:35	0:03:57	15,19	171	4,6	52,54	2858	2556	0,89	16,71	15,01
5	0:01:32	0:03:50	15,65	172		53,57	2914	2900	1,00	16,94	15,30
6	0:01:29	0:03:42	16,22	171	5,7	53,49	2910	2910	1,00	17,02	15,28
7	0:01:26	0:03:35	16,74	173		54,63	2972	2971	1,00	17,18	15,61
8	0:01:23	0:03:27	17,39	182	6,1	57,46	3126	3156	1,01	17,18	16,42
9	0:01:21	0:03:22	17,82	186		57,87	3148	3190	1,01	16,92	16,53
10	0:01:19	0:03:17	18,27	188	11,2	57,89	3149	3193	1,01	16,75	16,54
11	0:01:17	0:03:12	18,75	191		57,96	3153	3193	1,01	16,51	16,56
12	0:01:15	0:03:07	19,25	192	14,2	57,90	3150	3194	1,01	16,41	16,54
13	0:01:14	0:03:05	19,46	194		57,90	3150	3198	1,02	16,24	16,54
14	0:01:13	0:03:04	19,57	195	15,3	58,46	3180	3200	1,01	16,31	16,70
15	0:01:12	0:03:02	19,78	198	17	58,82	3200	3300	1,03	16,16	16,81

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. BORIS VELAZCO

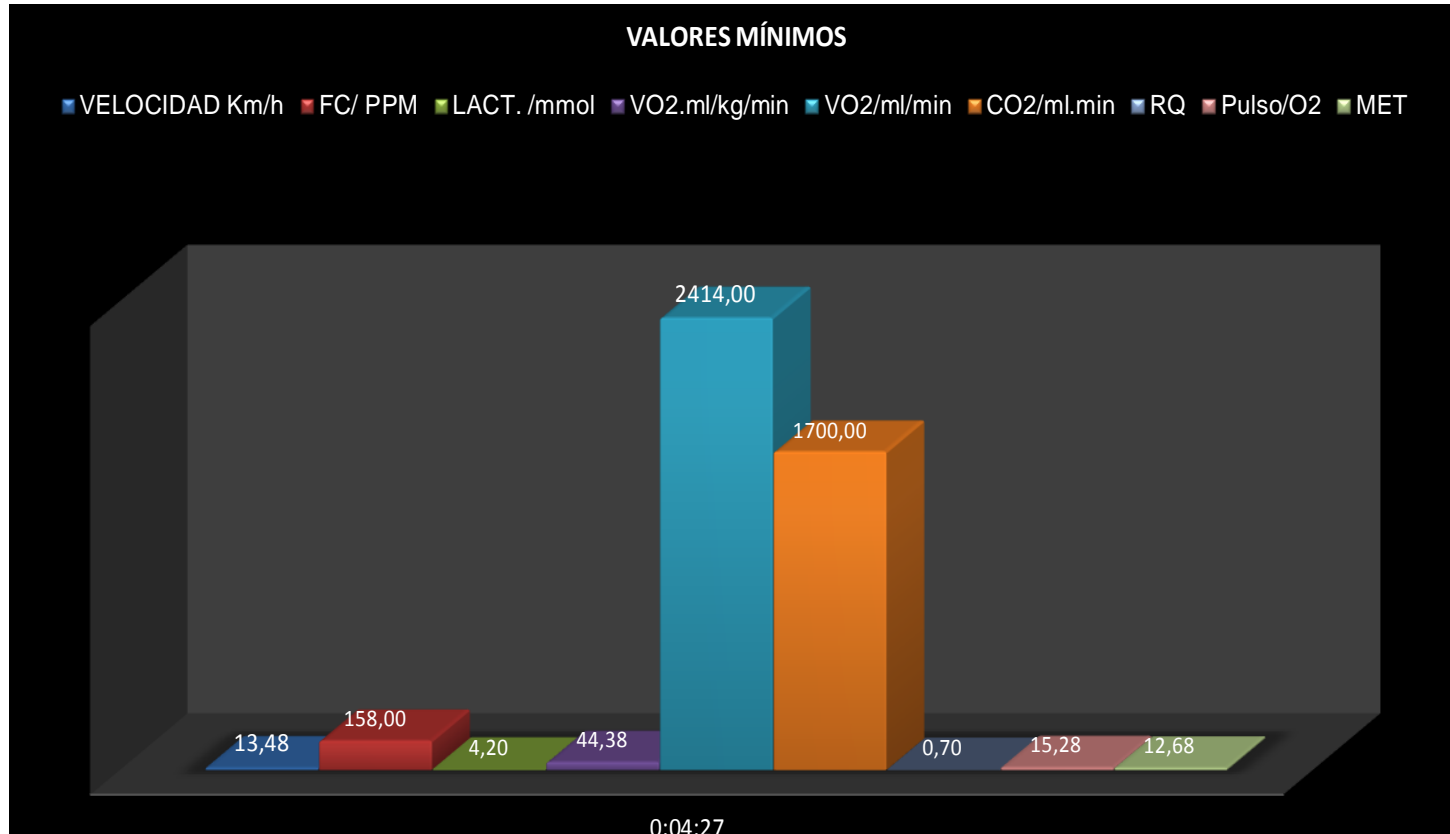
VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:27	13,48	158,00	4,20	44,38	2414,00	1700,00	0,70	15,28	12,68

VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:02	19,78	198,00	17,00	58,82	3200,00	3300,00	1,03	17,18	16,81

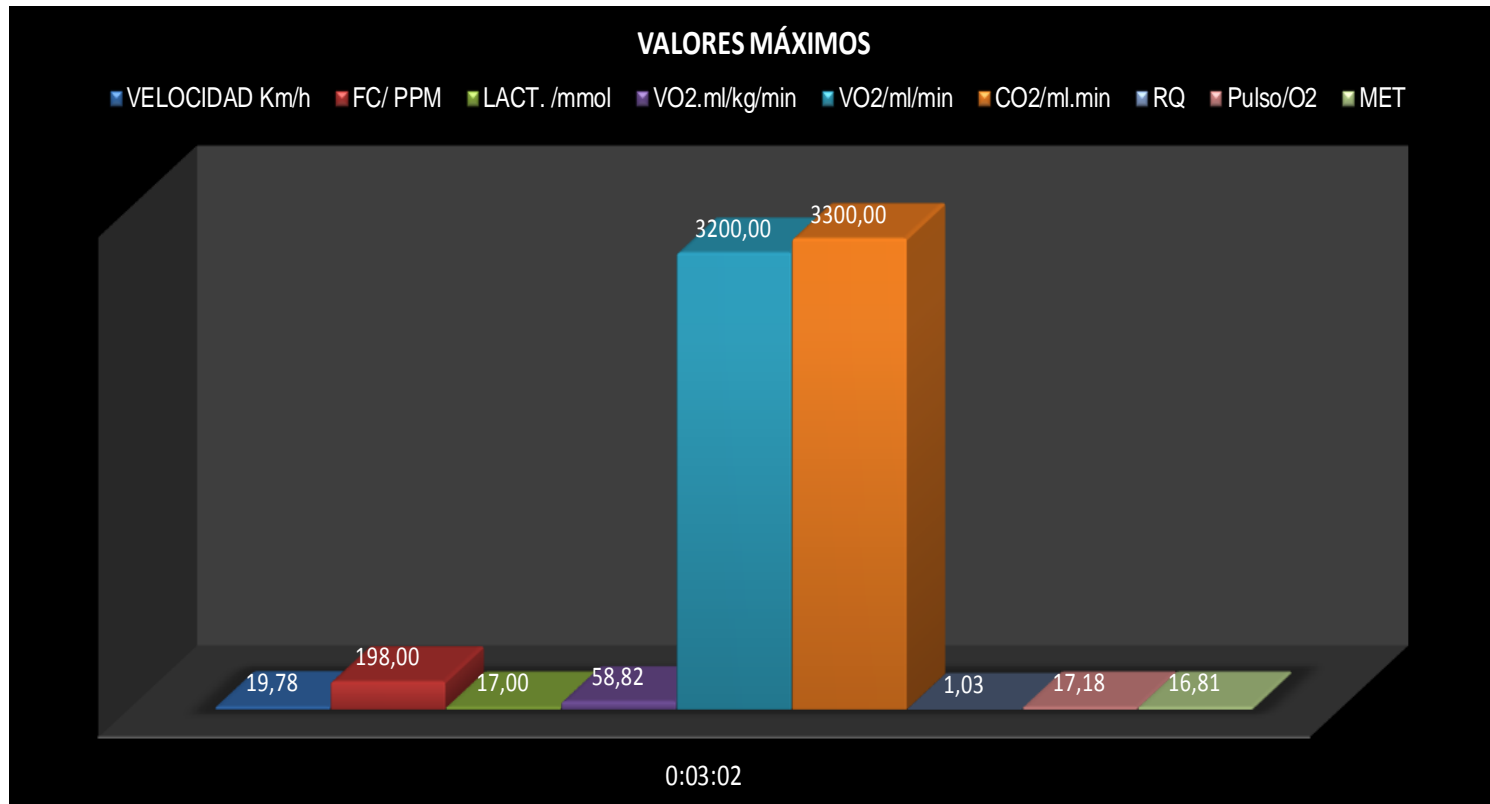
PROMEDIO									
RITMO /1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:34	17,08	179,80	9,79	54,69	2975,33	2882,87	0,96	16,54	15,63

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:27	17,39	182	6,1	57,46	3126	3156	1,01	17,18	16,42
87,92%	87,92%	91,92%	35,88%	97,69%	97,69%	95,64%	97,90%	99,98%	97,69%

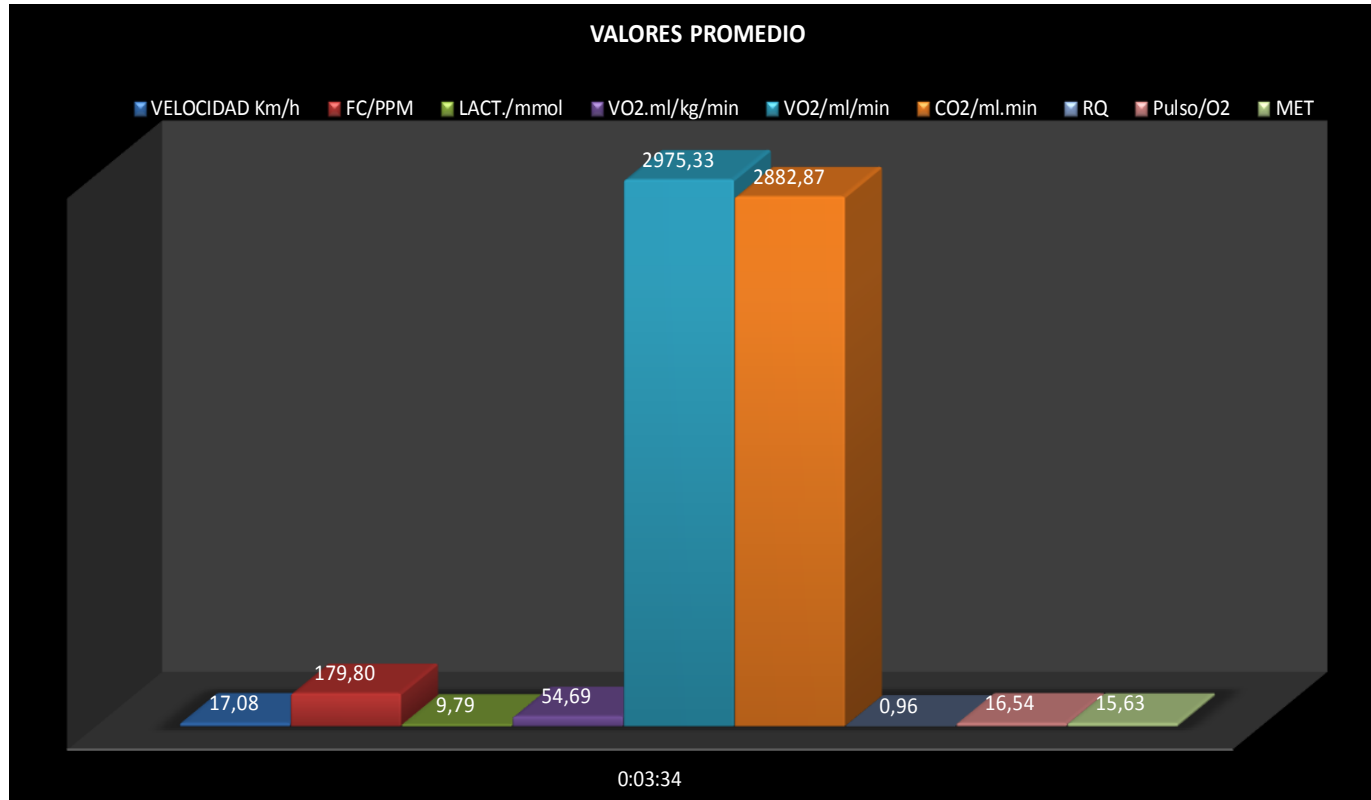
UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:42	16,22	171,00	5,70	53,49	2910,00	2910,00	1,00	17,02	15,28
81,98%	81,98%	86,36%	33,53%	90,94%	90,94%	88,18%	96,97%	99,06%	90,94%



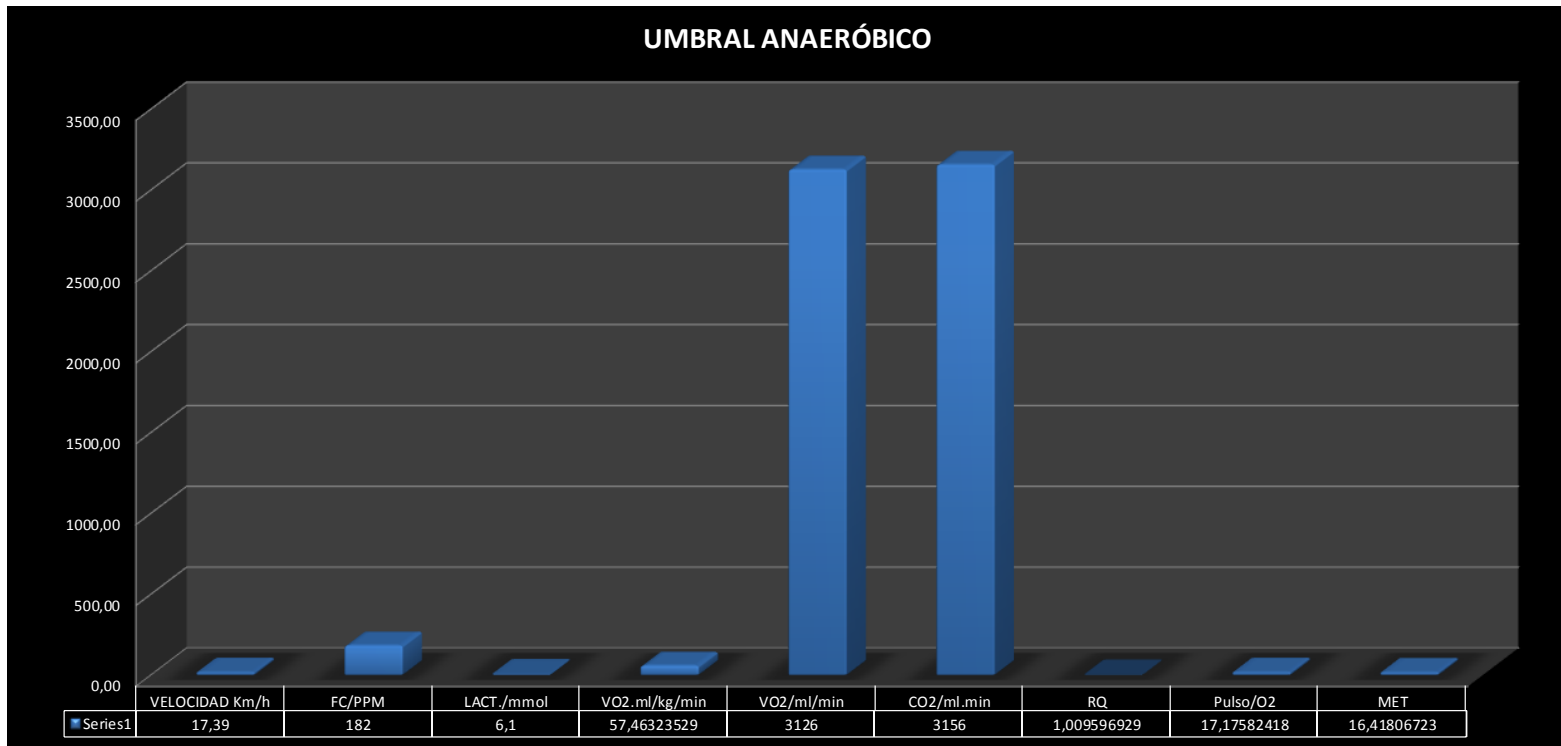
VALORES MÍNIMOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. BORIS VELAZCO



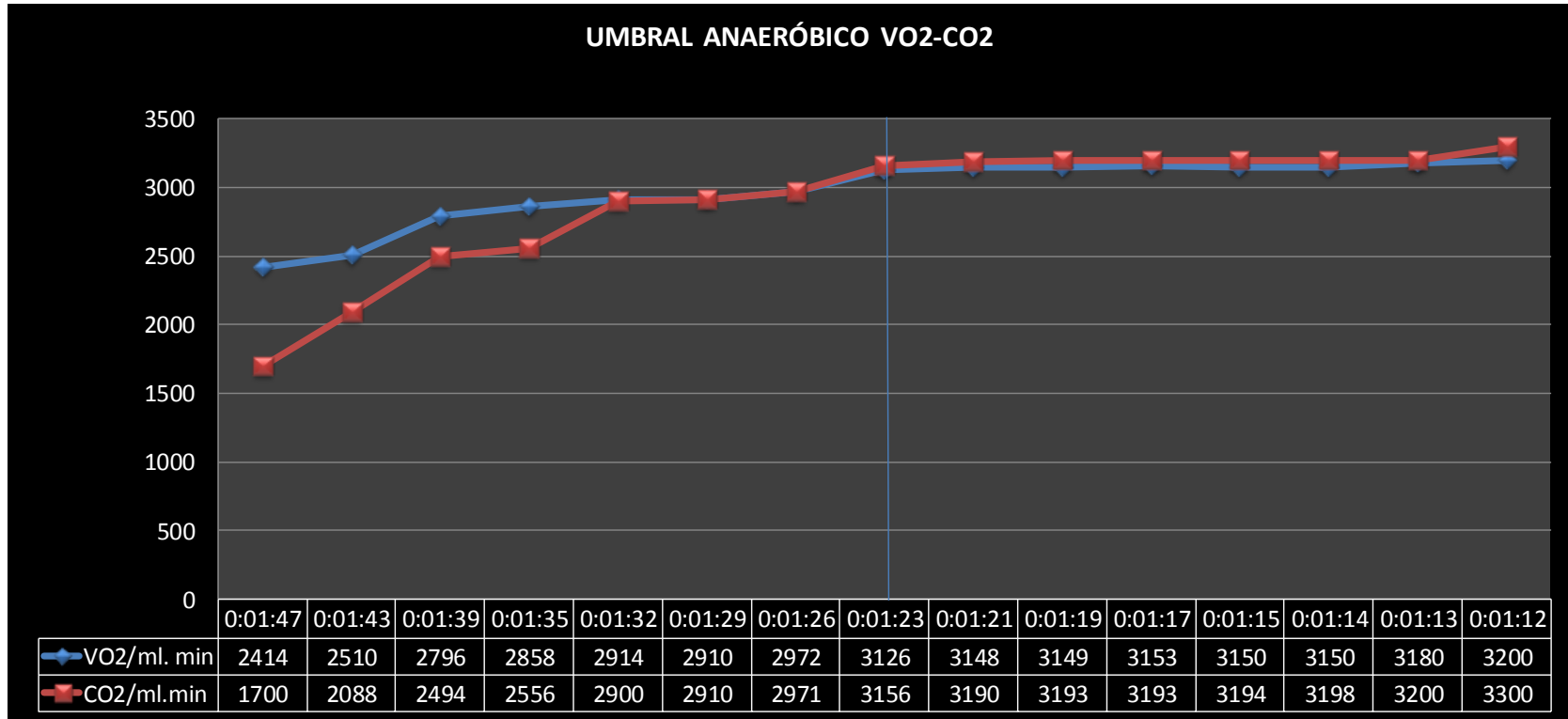
VALORES MÁXIMOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. BORIS VELAZCO



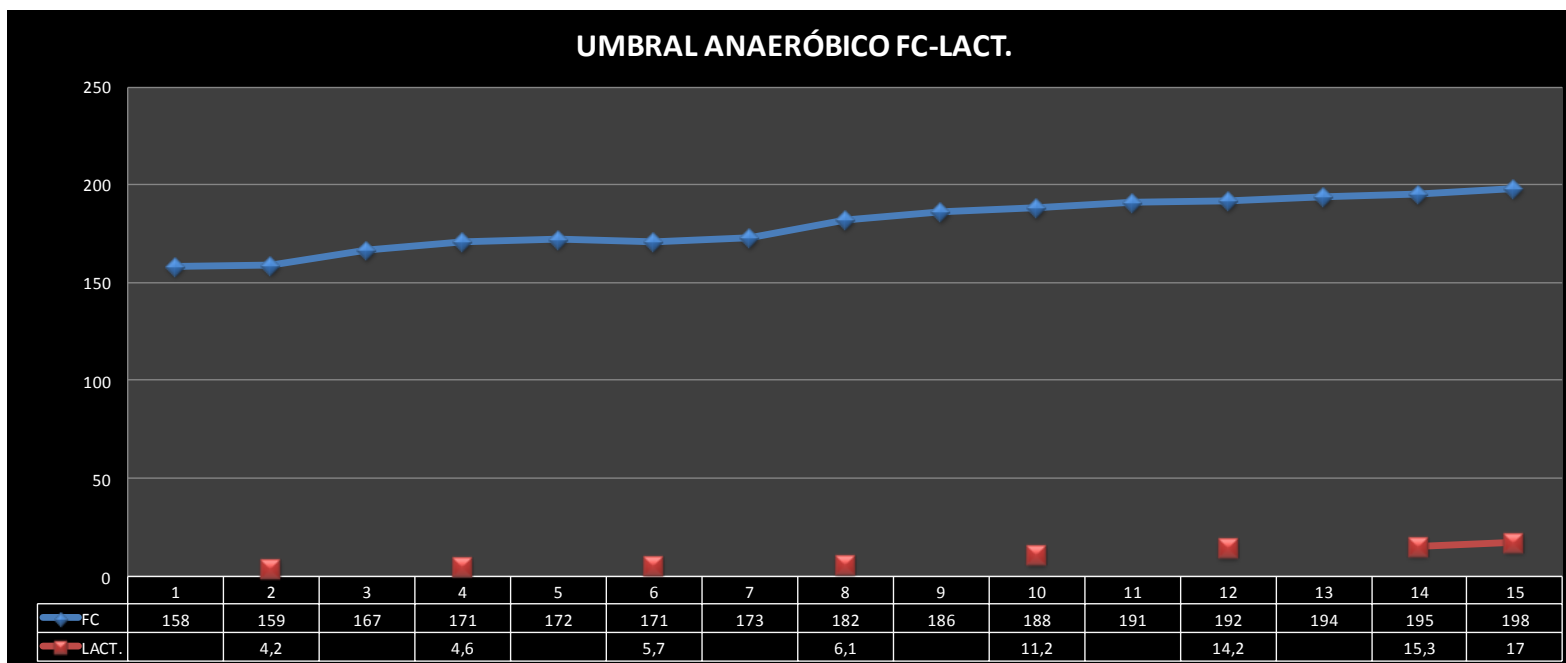
VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. BORIS VELAZCO



VALORES DE UMBRAL ANAERÓBICO



UMBRAL ANAERÓBICO VO2-CO2



UMBRAL ANAERÓBICO FC-LACT.

Tabla 5 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. PINTO PABLO

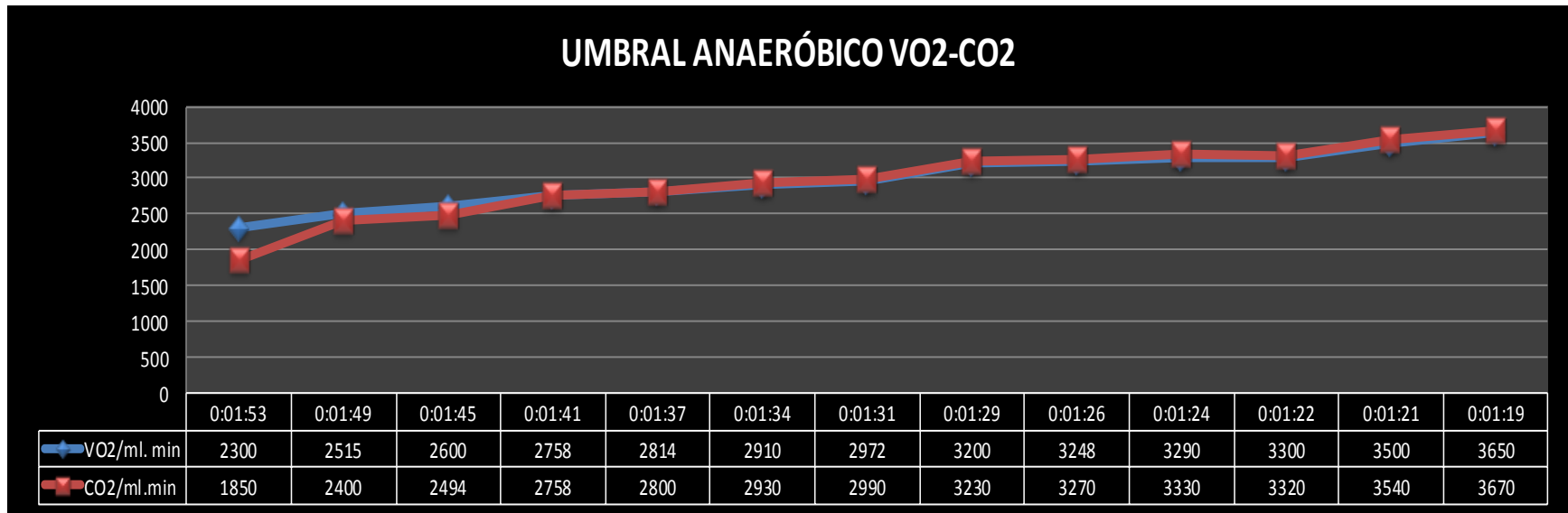
VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:42	12,77	158,00	5,00	32,86	2300,00	1850,00	0,80	14,56	9,39

VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:17	18,27	203,00	17,00	52,14	3650,00	3670,00	1,01	17,98	14,90

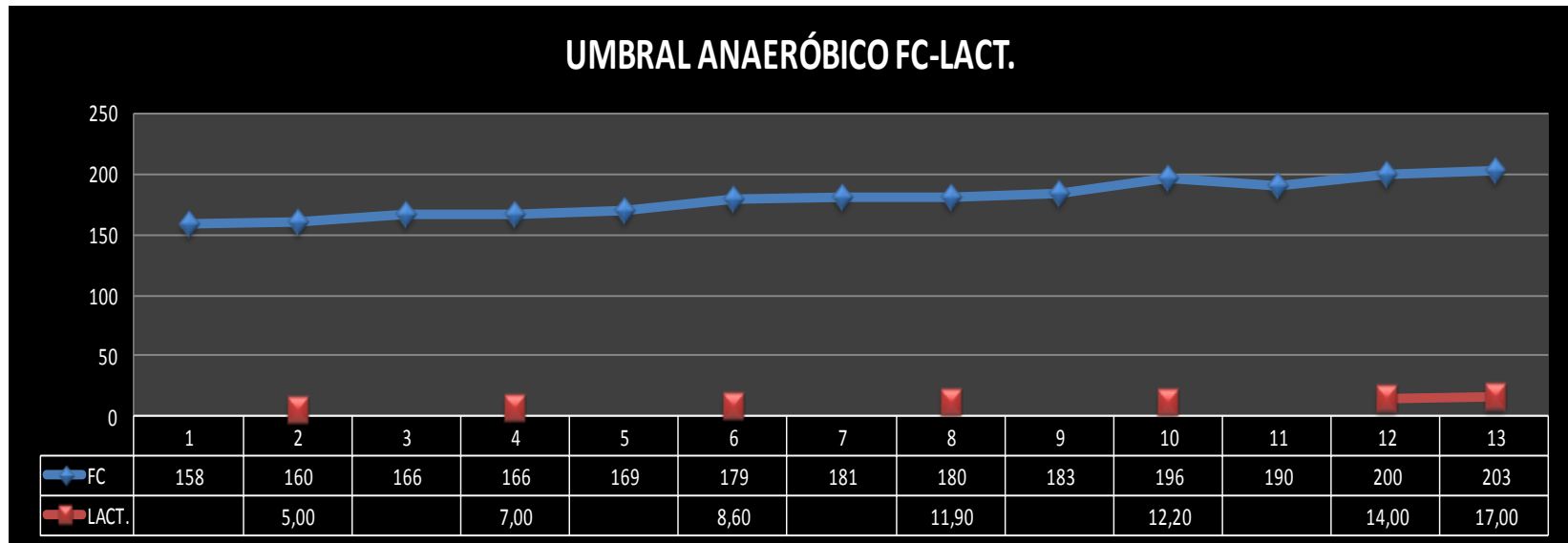
PROMEDIO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:53	15,68	179,31	10,81	42,92	3004,38	2967,85	0,98	16,70	12,26

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:55	15,32	179,00	8,60	41,57	2910,00	2930,00	1,01	16,26	11,88
83,83%	83,83%	88,18%	50,59%	79,73%	79,73%	79,84%	99,48%	90,42%	79,73%

UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:12	14,29	166,00	7,00	39,40	2758,00	2758,00	1,00	16,61	11,26
78,17%	78,17%	81,77%	41,18%	75,56%	75,56%	75,15%	98,80%	92,40%	75,56%



UMBRAL ANAERÓBICO VO2-CO2



UMBRAL ANAERÓBICO FC-LACT.

Tabla 6 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. PEÑAFIEL EDGAR

KDT. PEÑAFIEL EDGAR											
Peso	57	TIEMPO 10KM	0:34:03								
VO2MAX	57,6	ml/kg/min									
VUELTAS	RITMOS /400m.	RITMOS /1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC	LACT.	VO2/ml/kg/ min	VO2/ml. min	CO2/ml.min	RQ	PUSLO DE O2	MET
1	0:01:47	0:04:29	13,38	120		42,11	2400	1700	0,71	20,00	12,03
2	0:01:43	0:04:19	13,90	132	3,00	44,04	2510	2188	0,87	19,02	12,58
3	0:01:39	0:04:09	14,46	135		49,05	2796	2492	0,89	20,71	14,02
4	0:01:35	0:03:59	15,06	143	3,80	50,14	2858	2566	0,90	19,99	14,33
5	0:01:32	0:03:51	15,58	149		51,12	2914	2905	1,00	19,56	14,61
6	0:01:29	0:03:43	16,14	154	3,60	51,05	2910	2910	1,00	18,90	14,59
7	0:01:25	0:03:35	16,74	160		52,14	2972	2971	1,00	18,58	14,90
8	0:01:23	0:03:29	17,22	167	6,90	55,07	3139	3166	1,01	18,80	15,73
9	0:01:21	0:03:23	17,73	172		55,23	3148	3190	1,01	18,30	15,78
10	0:01:18	0:03:17	18,27	176	5,50	55,25	3149	3193	1,01	17,89	15,78
11	0:01:17	0:03:13	18,65	179		54,89	3129	3185	1,02	17,48	15,68
12	0:01:15	0:03:09	19,05	183	11,80	54,91	3130	3188	1,02	17,10	15,69
13	0:01:14	0:03:05	19,46	185		55,26	3150	3198	1,02	17,03	15,79
14	0:01:13	0:03:03	19,67	188	14,30	56,14	3200	3250	1,02	17,02	16,04
15	0:01:12	0:03:01	19,89	190	16,00	57,63	3285	3350	1,02	17,29	16,47

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. PEÑAFIEL EDGAR

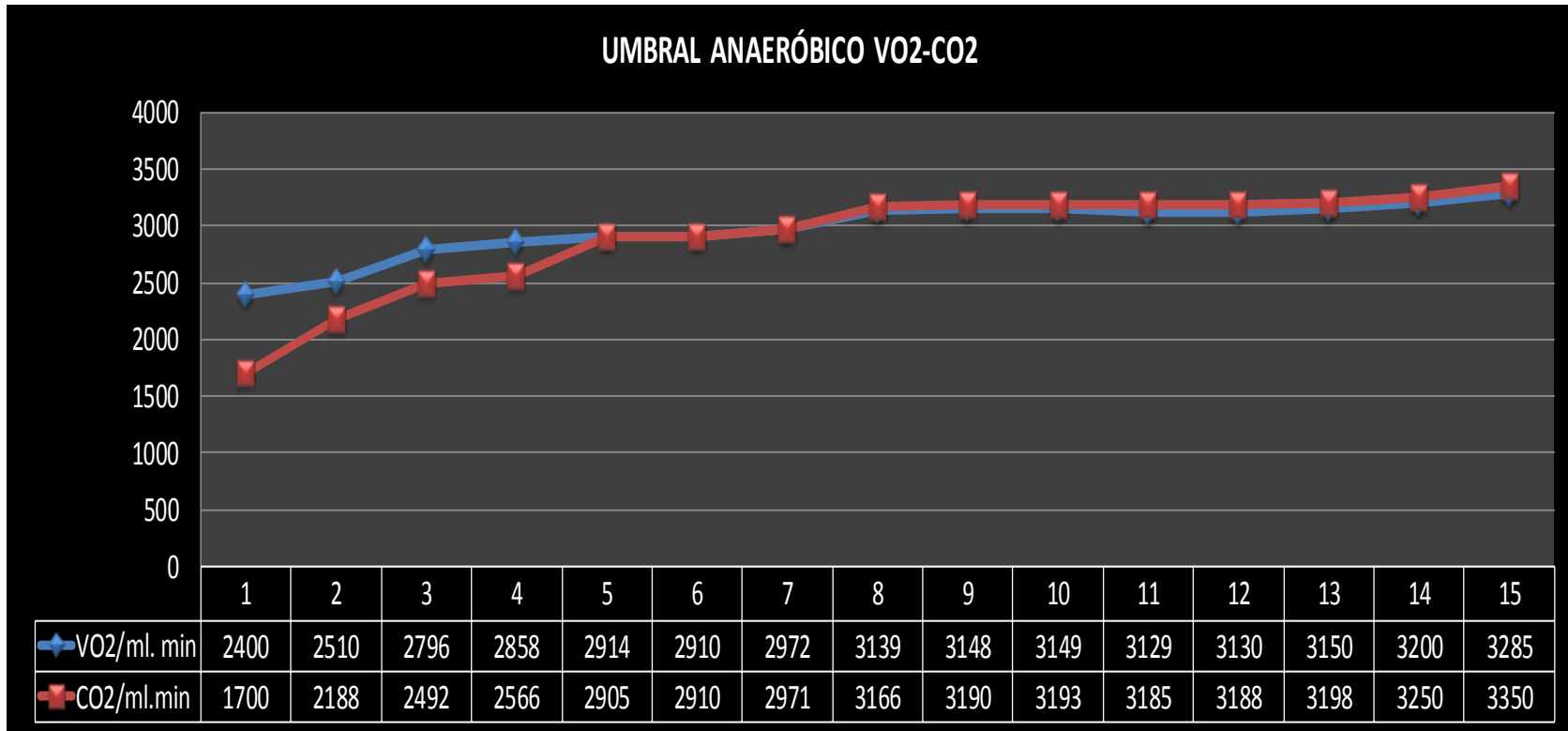
VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:29	13,38	120,00	3,00	42,11	2400,00	1700,00	0,71	17,02	12,03

VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:01	19,89	190,00	16,00	57,63	3285,00	3350,00	1,02	20,71	16,47

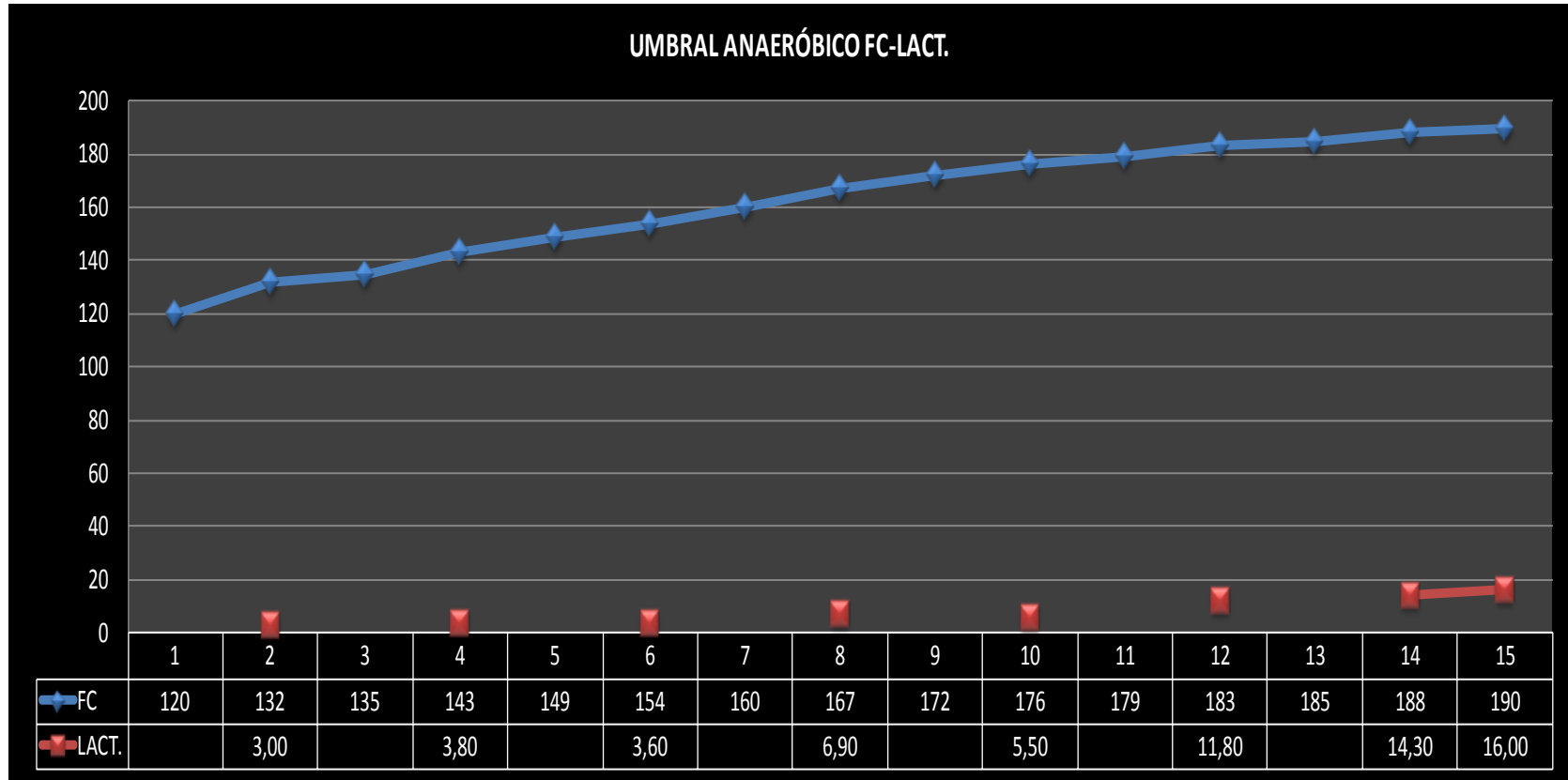
PROMEDIO									
RITMO /1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:35	17,02	162,20	8,11	52,27	2979,33	2896,80	0,97	18,51	14,93

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:29	17,22	167	6,9	55,07	3139,00	3166,00	1,01	18,80	15,73
86,59%	86,60%	87,89%	43,13%	95,56%	95,56%	94,51%	98,90%	90,76%	95,56%

UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:43	16,14	154,00	3,60	51,05	2910,00	2910,00	1,00	18,90	14,59
81,15%	81,17%	81,05%	22,50%	88,58%	88,58%	86,87%	98,06%	91,24%	88,58%



UMBRAL ANAERÓBICO VO2-CO2



UMBRAL ANAERÓBICO FC-LACT.

Tabla 7 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. LUIS JARRIN

KDT. JARRIN LUIS										
Peso	60	TIEMPO 10KM	0:35:53							
VO2MAX	54,4	ml/kg/min								
VUELTA	RITMOS /400m.	RITMOS /1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC	LACT.	VO2/ml/kg/ min	VO2/ml. min	CO2/ml.min	RQ	PUSLO DE O2
1	0:01:51	0:04:39	12,90	159		41,67	2500	1700	0,68	15,72
2	0:01:47	0:04:29	13,38	162	3,00	43,50	2610	2188	0,84	16,11
3	0:01:43	0:04:19	13,90	169		49,60	2976	2950	0,99	17,61
4	0:01:39	0:04:09	14,46	169	4,80	49,80	2988	2990	1,00	17,68
5	0:01:36	0:04:01	14,94	171		50,00	3000	3000	1,00	17,54
6	0:01:33	0:03:53	15,45	174	5,80	51,50	3090	3120	1,01	17,76
7	0:01:29	0:03:45	16,00	177		53,00	3180	3200	1,01	17,97
8	0:01:27	0:03:39	16,44	178	9,30	53,97	3238	3260	1,01	18,19
9	0:01:25	0:03:33	16,90	178		54,08	3245	3265	1,01	18,23
10	0:01:22	0:03:27	17,39	182	9,70	54,12	3247	3268	1,01	17,84
11	0:01:21	0:03:23	17,73	183		54,17	3250	3270	1,01	17,76
12	0:01:19	0:03:19	18,09	185	6,80	54,25	3255	3278	1,01	17,59
13	0:01:17	0:03:15	18,46	186		54,32	3259	3288	1,01	17,52
14	0:01:17	0:03:13	18,65	187	16,00	54,33	3260	3290	1,01	17,43
15	0:01:16	0:03:11	18,85	184	17,00	54,42	3265	3290	1,01	17,74

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. LUIS JARRIN

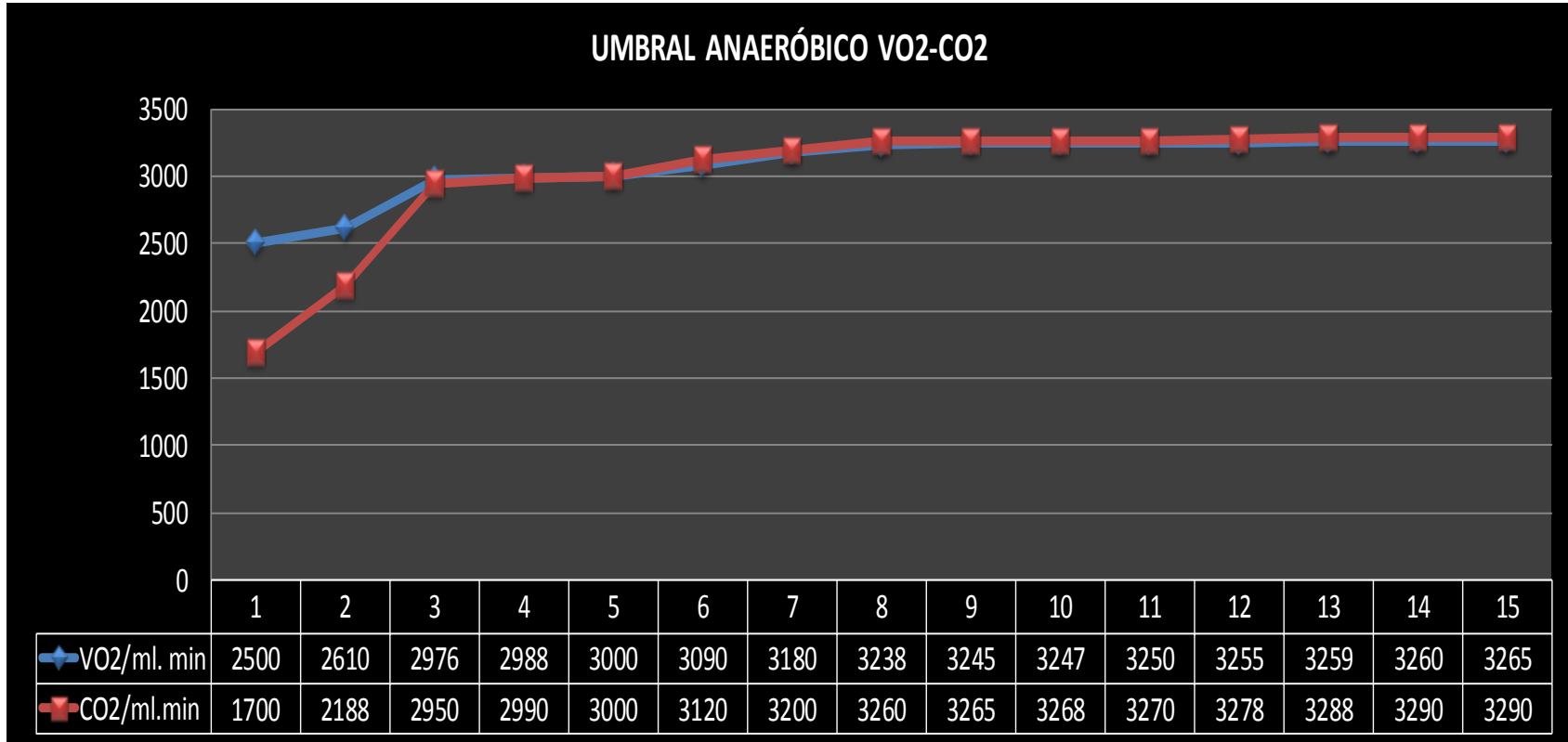
VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:39	12,90	159,00	3,00	41,67	2500,00	1700,00	0,68	15,72	11,90

VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:11	18,85	187,00	17,00	54,42	3265,00	3290,00	1,01	18,23	15,55

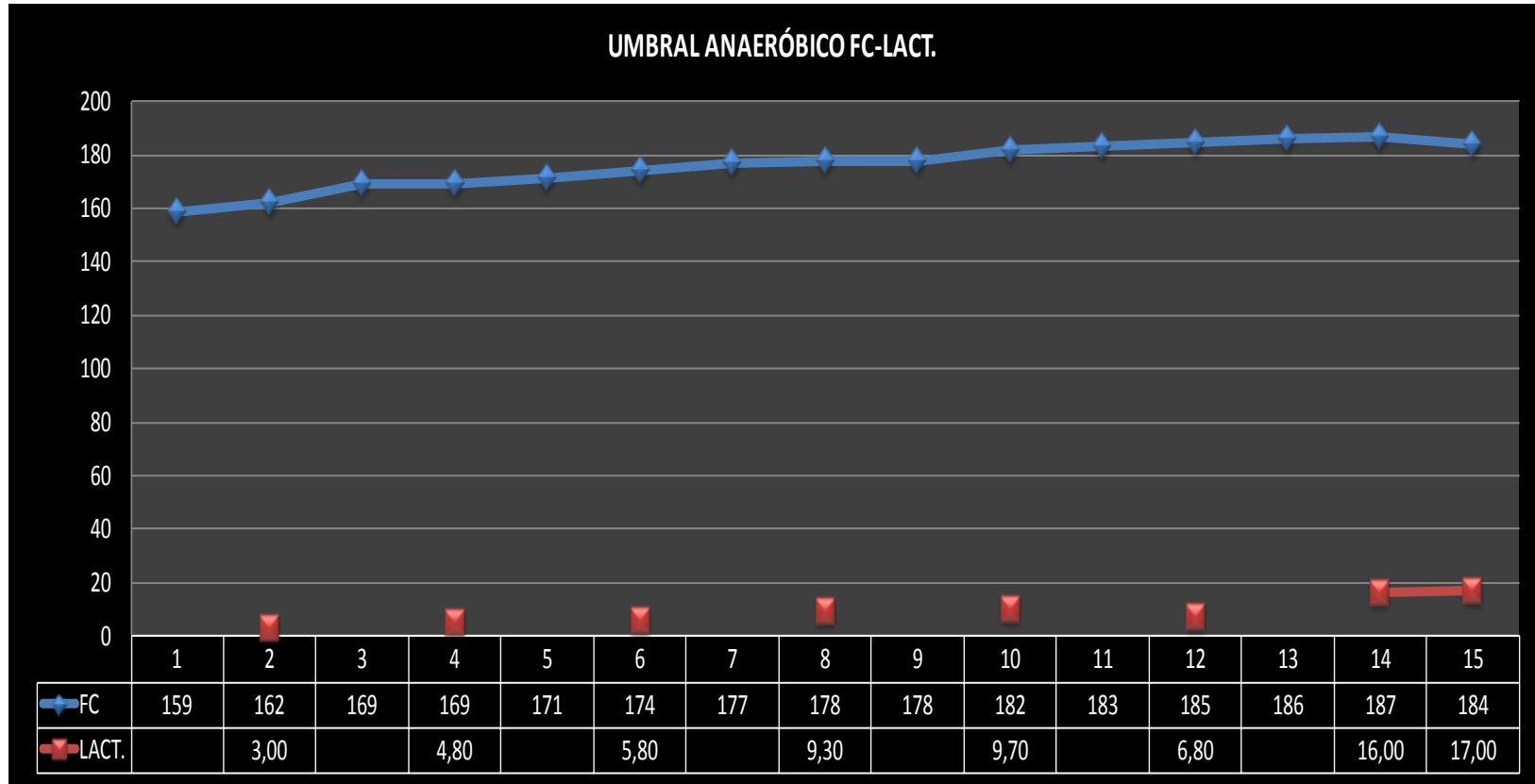
PROMEDIO									
RITMO /1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:45	16,24	176,27	9,05	51,51	3090,87	3023,80	0,97	17,51	14,72

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:39	16,44	178	9,3	53,97	3238,00	3260,00	1,01	18,19	15,42
87,19%	87,21%	95,19%	54,71%	99,17%	99,17%	99,09%	99,71%	99,78%	99,17%

UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:53	15,45	174,00	5,80	51,50	3090,00	3120,00	1,01	17,76	14,71
81,94%	81,97%	93,05%	34,12%	94,64%	94,64%	94,83%	100,00%	97,41%	94,64%



UMBRAL ANAERÓBICO VO2-CO2



UMBRAL ANAERÓBICO FC-LACT.

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. TAZAN IBAN

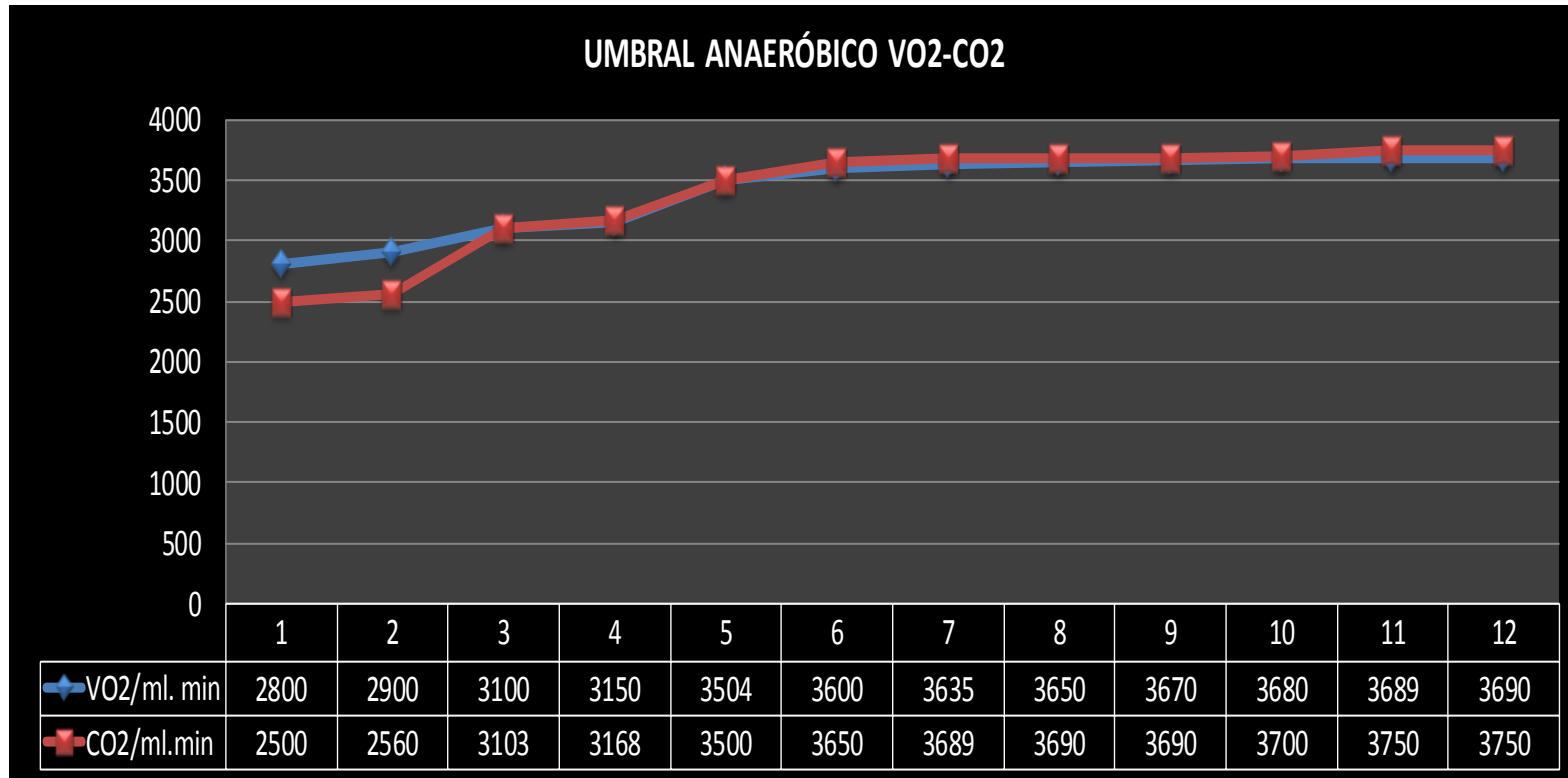
VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:30	13,33	145,00	5,20	41,79	2800,00	2500,00	0,88	19,05	11,94

VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:10	18,95	186,00	18,20	55,07	3690,00	3750,00	1,02	19,84	15,74

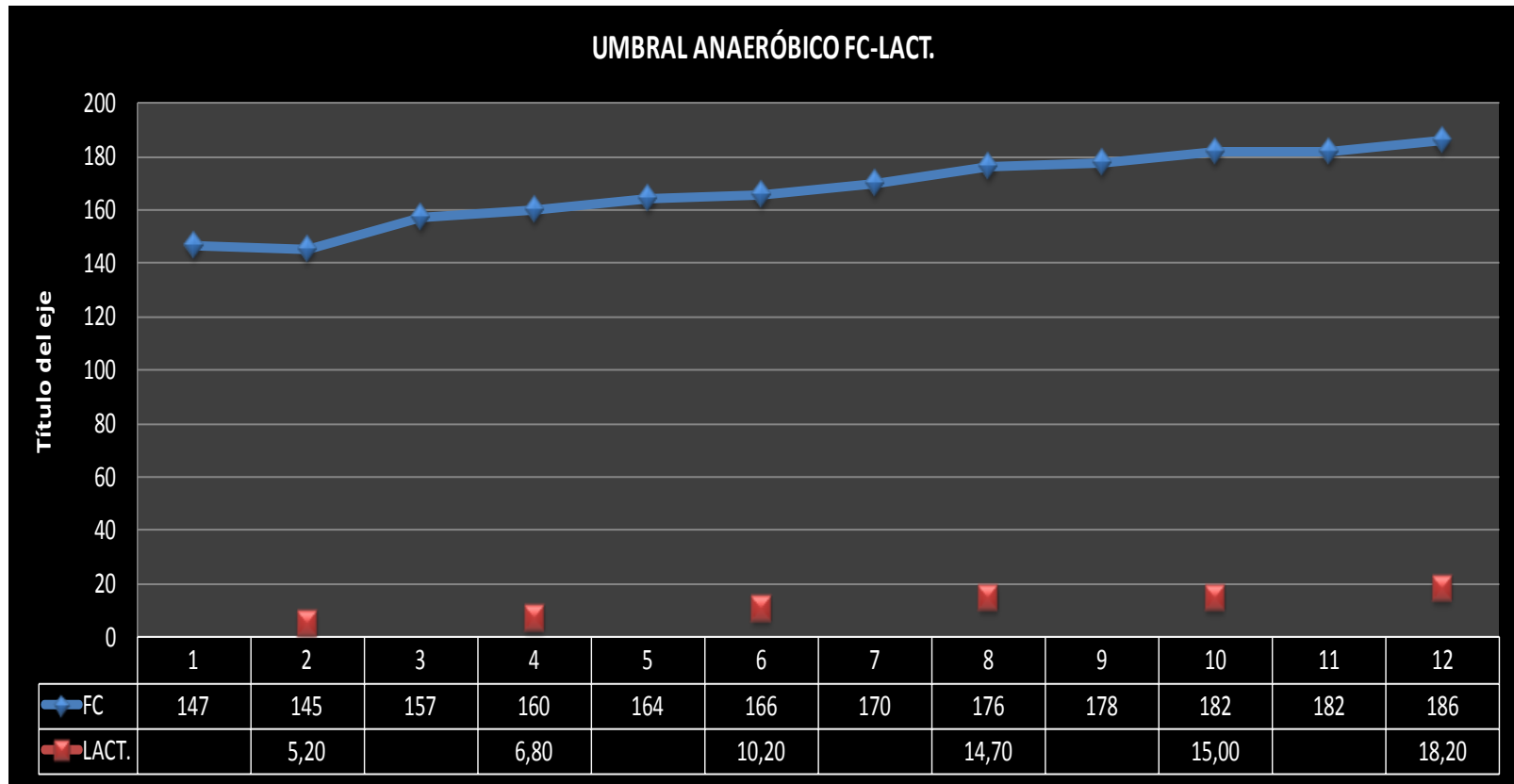
PROMEDIO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:44	16,28	167,75	11,68	51,08	3422,33	3395,83	0,99	20,38	14,59

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:30	15,00	160,00	6,80	47,01	3150,00	3168,00	1,01	19,69	13,43
90,47%	79,17%	86,02%	37,36%	85,37%	85,37%	84,48%	98,96%	99,24%	85,37%

UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:44	14,40	157,00	0,00	46,27	3100,00	3103,00	1,00	19,75	13,22
84,81%	76,00%	84,41%	0,00%	84,01%	84,01%	82,75%	98,50%	99,53%	84,01%



UMBRAL ANAERÓBICO VO2-CO2



UMBRAL ANAERÓBICO FC-LACT.

Tabla 9 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. YANEZ SEBASTIAN

KDT. YANEZ SEBASTIAN											
Peso	70	TIEMPO 10KM	0:33:04								
VO2MAX	59,7	ml/kg/min									
VUELTAS	RITMOS /400m.	RITMOS /1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC	LACT.	VO2/ml/kg/ min	O2/ml. mir	CO2/ml.min	RQ	PUSLO DE O2	MET
1	0:01:45	0:04:24	13,69	152		35,71	2500	2005	0,80	16,45	10,20
2	0:01:41	0:04:14	14,23	158	5,80	35,86	2510	2188	0,87	15,89	10,24
3	0:01:37	0:04:04	14,81	163		39,94	2796	2492	0,89	17,15	11,41
4	0:01:33	0:03:54	15,45	165	3,60	41,11	2878	2866	1,00	17,44	11,75
5	0:01:30	0:03:46	16,00	167		41,50	2905	2915	1,00	17,40	11,86
6	0:01:27	0:03:38	16,59	168	4,40	45,53	3187	3220	1,01	18,97	13,01
7	0:01:23	0:03:30	17,22	170		47,00	3290	3315	1,01	19,35	13,43
8	0:01:21	0:03:24	17,73	173	10,60	47,57	3330	3366	1,01	19,25	13,59
9	0:01:19	0:03:18	18,27	175		49,29	3450	3495	1,01	19,71	14,08
10	0:01:16	0:03:12	18,85	180	12,20	49,71	3480	3498	1,01	19,33	14,20
11	0:01:15	0:03:08	19,25	183		50,00	3500	3550	1,01	19,13	14,29
12	0:01:13	0:03:07	19,25	185		54,71	3830	3900	1,02	20,70	15,63
13	0:01:11	0:03:06	19,35	186	14,00	55,71	3900	3990	1,02	20,97	15,92
14	0:01:11	0:03:06	19,35	187	17,80	57,14	4000	4080	1,02	21,39	16,33
15	0:01:10	0:03:05	19,46	187	18,40	59,71	4180	4280	1,02	22,35	17,06

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TEST KDT. YANEZ SEBASTIAN

VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:24	13,69	152,00	3,60	35,71	2500,00	2005,00	0,80	15,89	10,20

VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:05	19,46	187,00	18,40	59,71	4180,00	4280,00	1,02	22,35	17,06

PROMEDIO									
RITMO /1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:31	17,32	173,27	10,85	47,37	3315,73	3277,33	0,98	19,03	13,53

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:38	16,59	168,00	4,40	45,53	3187,00	3220,00	1,01	18,97	13,01
85,02%	85,25%	89,84%	23,91%	76,24%	76,24%	75,23%	98,67%	84,87%	76,24%

UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:54	15,45	165,00	3,60	41,11	2878,00	2866,00	1,00	17,44	11,75
79,20%	79,40%	88,24%	19,57%	68,85%	68,85%	66,96%	97,26%	78,03%	68,85%

Tabla 10 PROMEDIOS TOTALES DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR DURANTE EL TEST DIPPER.

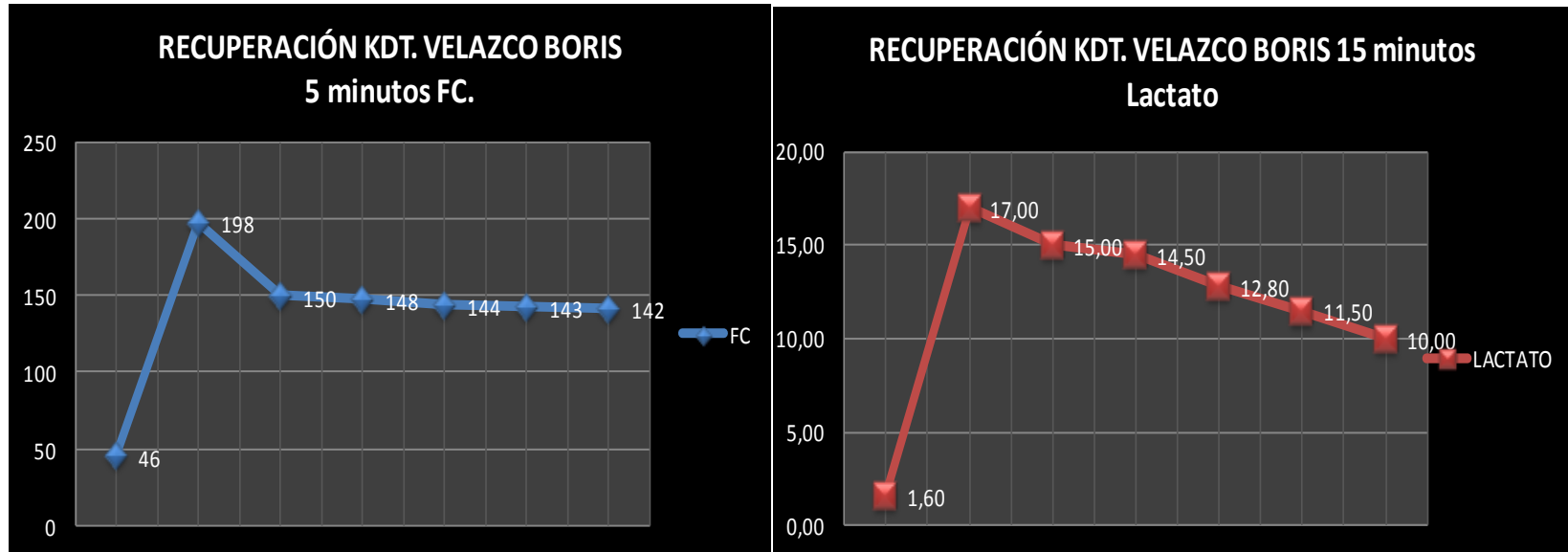
VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	ACT./mmc	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:24	12,77	120,00	3,00	32,86	2300,00	1700,00	0,68	14,56	9,39
VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	ACT./mmc	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:17	19,89	191,83	17,27	56,30	3545,00	3606,67	1,02	19,38	16,09
PROMEDIO									
RITMO /1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:40	16,60	173,10	10,05	49,97	3131,33	3074,08	0,98	18,11	14,28
UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:36	16,33	172,33	7,02	50,10	3125,00	3150,00	1,01	18,18	14,32
91,15%	82,09%	89,83%	40,64%	88,99%	88,15%	87,34%	98,93%	93,80%	88,99%
UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:51	15,32	164,50	4,28	47,14	2941,00	2944,50	1,00	17,91	13,47
85,23%	77,05%	85,75%	24,81%	83,73%	82,96%	81,64%	98,26%	92,42%	83,73%

Tabla 11 ANÁLISIS COMPARATIVO EN ZONA DE UMBRAL ANAERÓBICO EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR

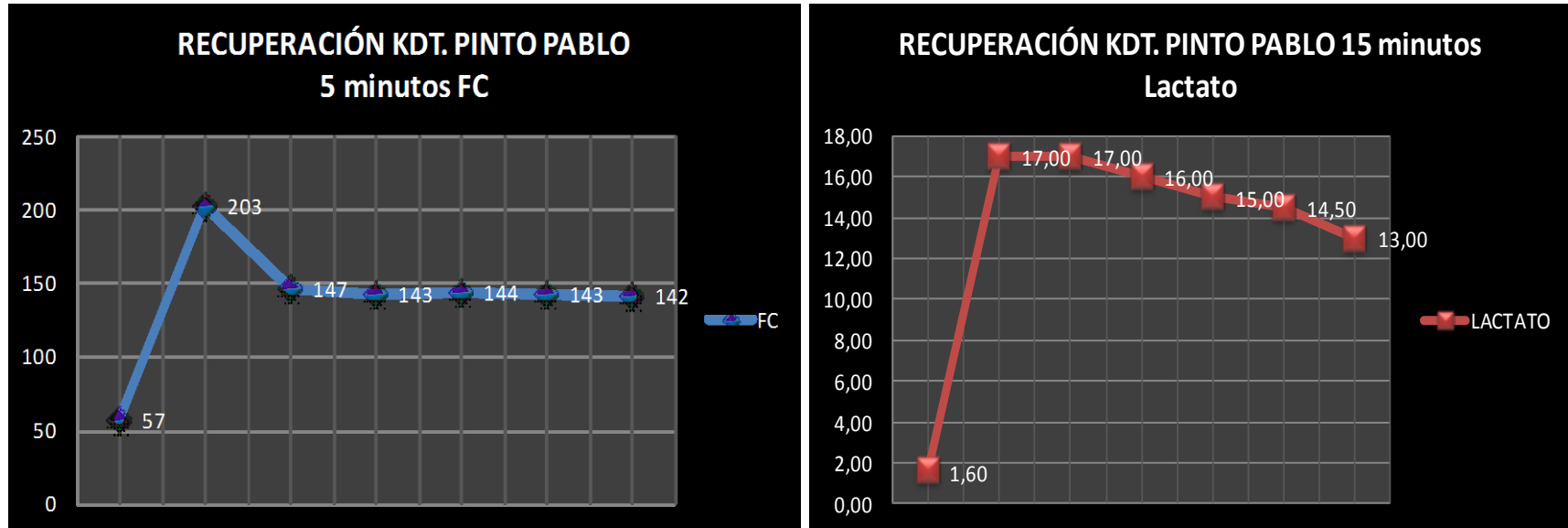
DATOS ZONA DE UMBRAL ANAERÓBICO EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR	RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.m/kg/min	VO2ml/min	CO2ml/min	RQ	Pulso/O2	MET
KDT.Boris Velazco	0:03:27	17,39	182,00	6,10	57,46	3126,00	3156,00	1,01	17,18	16,42
KDT.Pablo Pinto	0:03:55	15,32	179,00	8,60	41,57	2910,00	2930,00	1,01	16,26	11,88
KDT. Edgar Peñafiel	0:03:29	17,22	167,00	6,90	55,07	3139,00	3166,00	1,01	18,80	15,73
KDT.Luis Jarrin	0:03:39	16,44	178,00	9,30	53,97	3238,00	3260,00	1,01	18,19	15,42
KDT. Tazan Iban	0:03:30	15,00	160,00	6,80	47,01	3150,00	3168,00	1,01	19,69	13,43
KDT. Yanez Sebastian	0:03:38	16,59	168,00	4,40	45,53	3187,00	3220,00	1,01	18,97	13,01
MÍNIMO	0:03:27	15,00	160,00	4,40	41,57	2.910,00	2.930,00	1,01	16,26	11,88
MÁXIMO	0:03:55	17,39	182,00	9,30	57,46	3238,00	3260,00	1,01	19,69	16,42
PROMEDIO	0:03:36	16,33	172,33	7,02	50,10	3125,00	3150,00	1,01	18,18	14,32

Tabla 12 DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC.

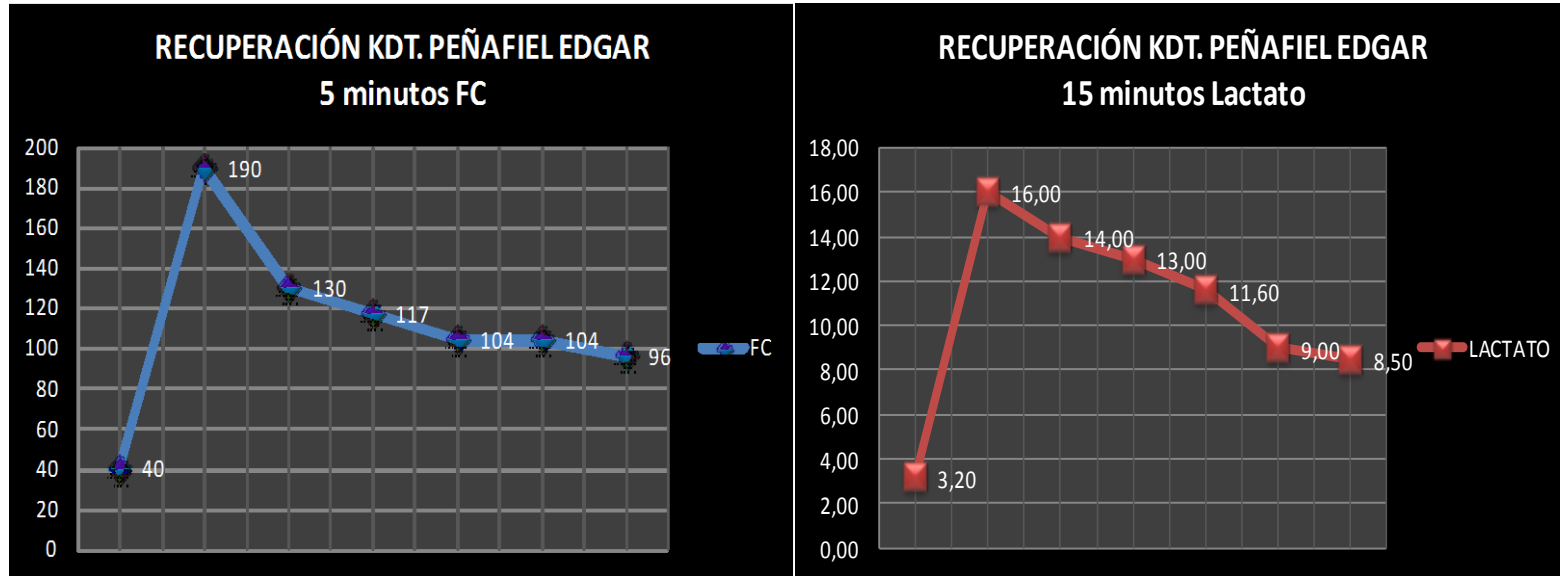
			TIEMPO							
DATOS RECUPERACIÓN FC	C. RE FC LL.		1'	2'	3'	4'	5'	PPM. MIN.	PPM. MAX.	VELOCIDAD DE REC.PPM.
KDT.Boris Velazco	46	198	150	148	144	143	142	142	198	11,2
KDT.Pablo Pinto	57	203	147	143	144	143	142	142	203	12,2
KDT. Edgar Peñafiel	40	190	130	117	104	104	96	96	190	18,8
KDT.Luis Jarrin	46	184	145	134	126	124	123	123	184	12,2
KDT. Tazan Iban	49	186	146	140	120	118	112	112	186	14,8
KDT. Yanez Sebastian	40	187	145	127	119	115	113	113	187	14,8
PROMEDIOS EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR										
PPM. MIN		121								
PPM. MAX.		191								
PPM. PROMEDIO		140								
VELOCIDAD DE REC.		14								



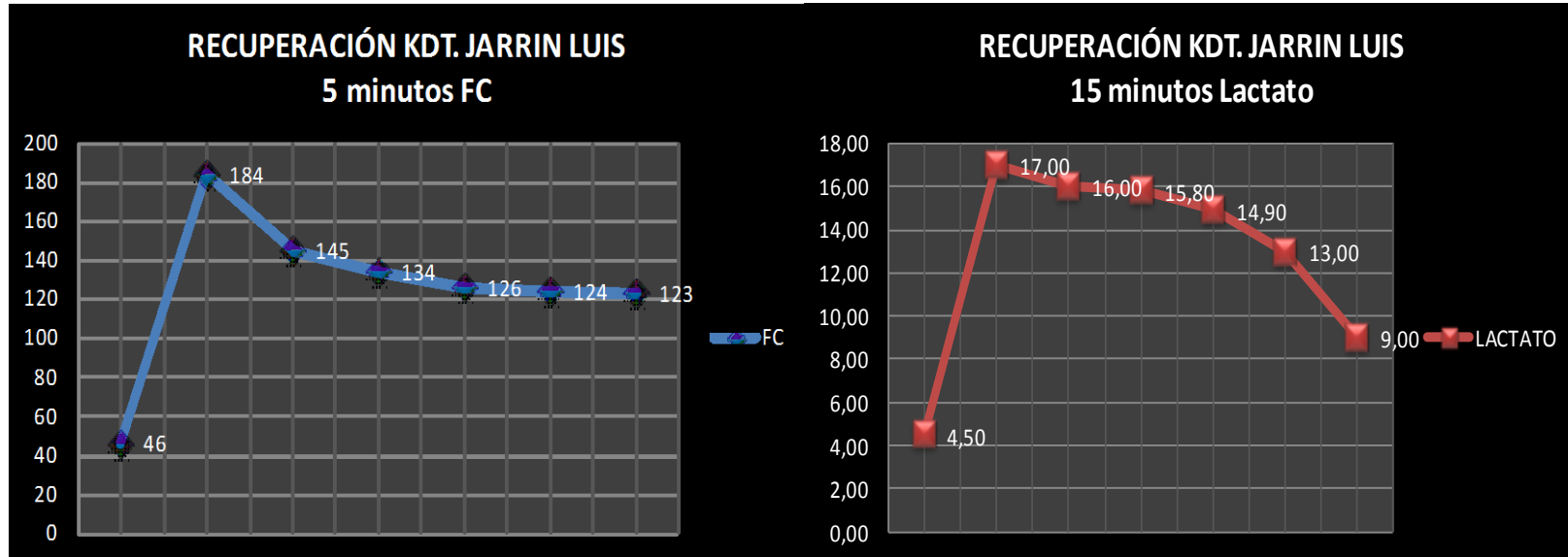
ANÁLISIS COMPARATIVO DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC. Y LACTATO



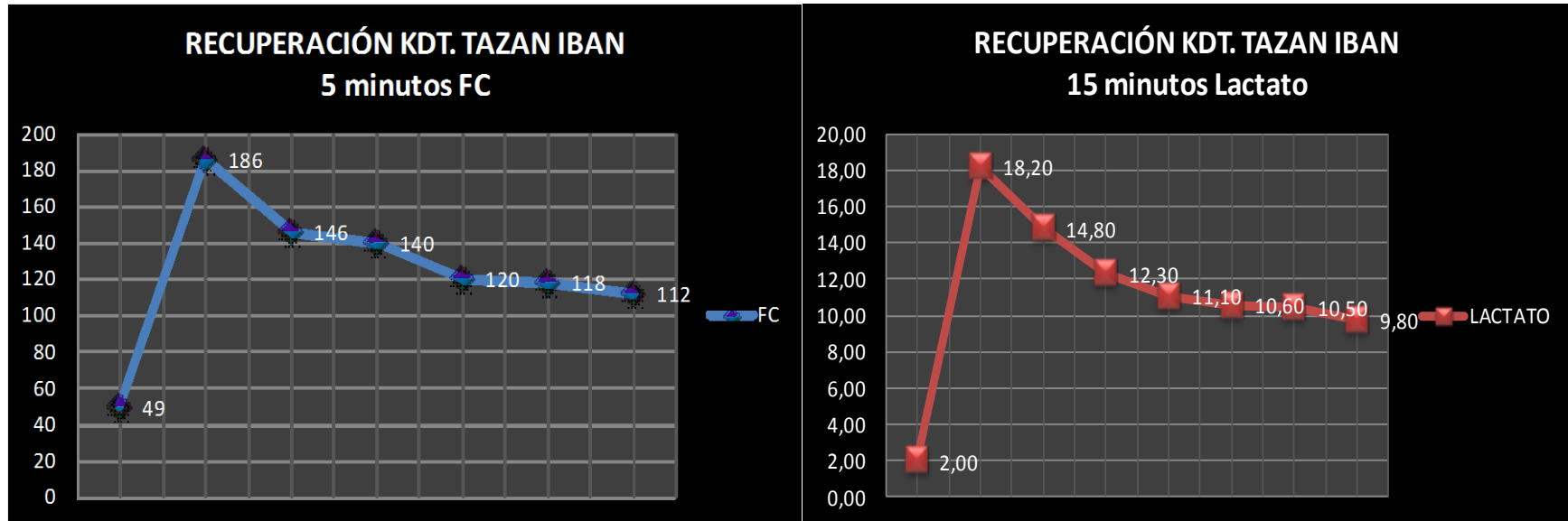
ANÁLISIS COMPARATIVO DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC. Y LACTATO



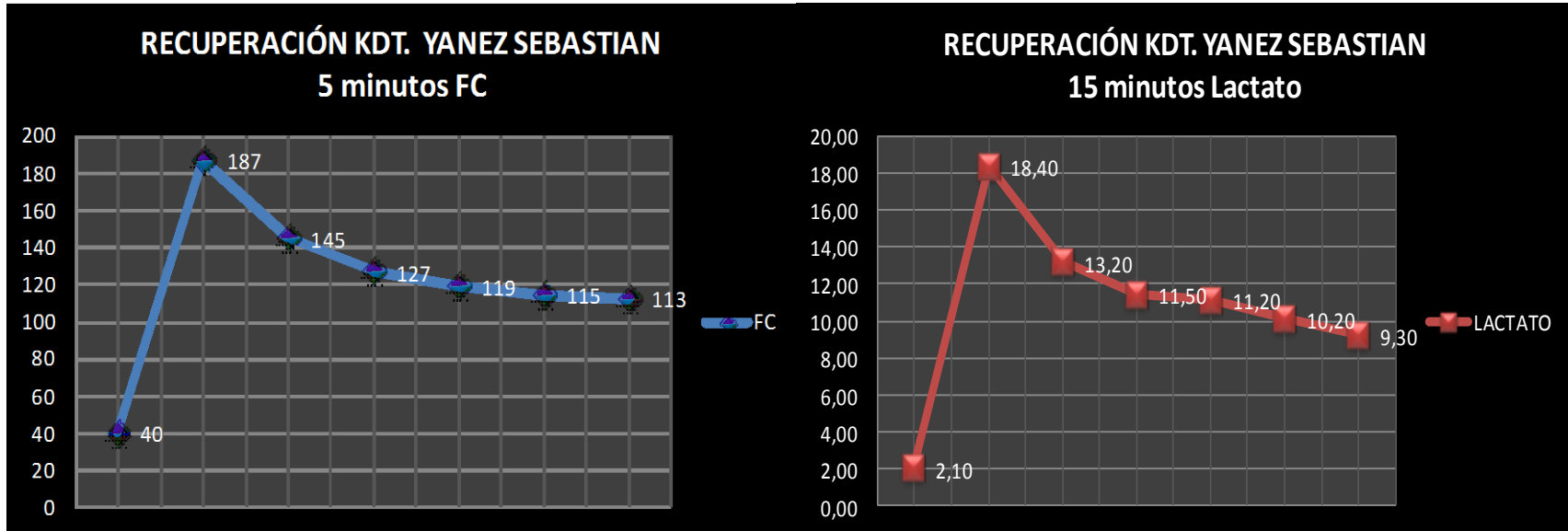
ANÁLISIS COMPARATIVO DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC. Y LACTATO



ANÁLISIS COMPARATIVO DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC. Y LACTATO



ANÁLISIS COMPARATIVO DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC. Y LACTATO



ANÁLISIS COMPARATIVO DATOS OBTENIDOS DURANTE LA RECUPERACIÓN FC. Y LACTATO

RECUPERACIÓN 5 MINUTOS DESPUES DEL TEST	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
KDT.Boris Velazco	142	14,50	26,65	1450	1516	1,0	10,21	7,62
KDT.Pablo Pinto	142	16,00	25,00	1360	1480	1,1	9,58	7,14
KDT. Edgar Peñafiel	96	13,00	27,39	1490	1510	1,0	15,52	7,83
KDT.Luis Jarrin	123	15,80	25,74	1400	1495	1,1	11,38	7,35
KDT. Tazan Iban	112	12,30	25,97	1413	1450	1,0	12,62	7,42
KDT. Yanez Sebastian	113	11,50	27,39	1490	1555	1,0	13,19	7,83

VALORES PROMEDIO DESPUES DE CINCO MINUTOS TERMINADO EL TEST DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR

MIN.	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
	96,00	11,50	25,00	1360,00	1450,00	1,01	9,58	7,14
MAX.	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
	142,00	16,00	27,39	1490,00	1555,00	1,09	15,52	7,83
PROM.	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
	121,33	13,85	26,36	1433,83	1501,00	1,05	12,08	7,53

Ilustración 5 DATOS OBTENIDOS DESPUES DE CINCO MINUTOS TERMINADO EL TEST DURANTE LA RECUPERACIÓN

Fuente: Capt. Fernando Alarcón /Capt. Luis Paredes (2014)

5.1 ANÁLISIS DEL REPOSO

De acuerdo a las muestras realizadas al equipo masculino de cadetes de pentatlón militar se obtuvo los siguientes datos de Frecuencia cardiaca, Lactato, Volumen de oxígeno en ml/min, Vo2 ml/kg/min, pulso de oxígeno y met.durante el reposo.

VALOR MÍNIMO

FC/ PPM	LACT. /mmol	VO2/ml/min	VO2/ml/kg/min	Pulso/O2	MET
40	1,6	150,00	2,24	3,06	0,64

VALOR MÁXIMO

FC/ PPM	LACT. /mmol	VO2/ml/min	VO2/ml/kg/min	Pulso/O2	MET
57	4,5	199,5	3,667279412	4,5	1,05

PROMEDIO

FC/PPM	LACT./mmol	VO2/ml/min	VO2/ml/kg/min	Pulso/O2	MET
46,33	2,50	172,75	2,78	3,79	0,79

5.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS DURANTE EL TEST MAXIMAL (DIPER.)

VALOR MÍNIMO									
RITMO/1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/ PPM	LACT. /mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:04:24	12,77	120,00	3,00	32,86	2300,00	1700,00	0,68	14,56	9,39

VALOR MÁXIMO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/ PPM	LACT. /mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:17	19,89	191,83	17,27	56,30	3545,00	3606,67	1,02	19,38	16,09

PROMEDIO									
RITMO /1000m	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:40	16,60	173,10	10,05	49,97	3131,33	3074,08	0,98	18,11	14,28

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:36	16,33	172,33	7,02	50,10	3125,00	3150,00	1,01	18,18	14,32
91,15%	82,09%	89,83%	40,64%	88,99%	88,15%	87,34%	98,93%	93,80%	88,99%

RITMO/1000m.	UMBRAL AERÓBICO								
	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
0:03:51	15,32	164,50	4,28	47,14	2941,00	2944,50	1,00	17,91	13,47
85,23%	77,05%	85,75%	24,81%	83,73%	82,96%	81,64%	98,26%	92,42%	83,73%

De acuerdo a las muestras realizadas al equipo masculino de cadetes de pentatlón militar se obtuvo los siguientes datos de Frecuencia cardiaca, Lactato, Volumen de oxígeno en ml/min, Vo2 ml/kg/min, CO2 ml/min, pulso de oxígeno y met. Durante un test de esfuerzo progresivo.

5.3 ANÁLISIS DE LA RECUPERACION

De acuerdo a las muestras realizadas al equipo masculino de cadetes de pentatlón militar se obtuvo los siguientes datos de Frecuencia cardiaca, Lactato, Volumen de oxígeno en ml/min, Vo2 ml/kg/min, pulso de oxígeno y met.durante cinco minutos después del test maximal.

Datos obtenidos de frecuencia cardiaca, durante la recuperación:

PROMEDIOS EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR	
PPM. MIN	121
PPM. MAX.	191
PPM. PROMEDIO	140
VELOCIDAD DE REC.	14

Datos obtenidos de lactato, durante la recuperación:

PROMEDIOS EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR	
LACT. MIN	9,88
LACT. MAX.	15,70
LACT. PROMEDIO	13,40
VELOCIDAD DE REC.	1,44

Datos obtenidos de Frecuencia cardiaca, Lactato, Volumen de oxígeno en ml/min, Vo2 ml/kg/min, pulso de oxígeno y met.durante cinco minutos después del test maximal:

VALORES PROMEDIO DESPUES DE CINCO MINUTOS TERMINADO EL TEST DEL EQUIPO MASCULINO DE PENTATLON MILITAR								
MIN.	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
	96,00	8,50	25,00	1360,00	1450,00	1,01	9,58	7,14
MAX.	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
	142,00	13,00	27,39	1490,00	1555,00	1,09	15,52	7,83
PROM.	FC/PPM	LACT./mmol	VO2.ml/kg/min	VO2/ml/min	CO2/ml.min	RQ	Pulso/O2	MET
	121,33	9,88	26,36	1433,83	1501,00	1,05	12,08	7,53

:

CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.-

Durante la presente investigación con los cadetes del equipo masculino de pentatlón militar se pudo analizar y relacionar datos de frecuencia cardiaca, lactato, intercambio de gases pulmonares (O_2 y CO_2), coeficiente respiratorio (RQ), pulso de oxígeno y mets., estos datos se obtuvieron durante el reposo, test de esfuerzo progresivo maximal (DIPPER) y recuperación.

Durante la presente investigación con los cadetes del equipo masculino de pentatlón militar se pudo obtener **datos en reposo** con valores mínimos de frecuencia cardiaca de 40 ppm, lactato de 1,6 mmol, VO_2 de 150 ml/min, VO_2 de 2,24 ml/kg/min, pulso de O_2 de 3,06 ml/lat, MET de 0,64.

Valores máximos en reposo de frecuencia cardiaca de 57 ppm, lactato de 4,5 mmol, VO_2 ml/mi de 199,5 VO_2 de 3,66 ml/kg/min, pulso de O_2 de 4,5 ml/lat, MET de 1,05.

Valores promedio en reposo de frecuencia cardiaca de 46,33 ppm, lactato de 2,50 mmol, VO_2 de 172,75 VO_2 ml/min, 2,78 ml/kg/min, pulso de O_2 de 4,79 ml/lat, MET de 0,79.

Comparación VO_2 en reposo

Los pentatletas tienen un VO_2 promedio de en reposo de 172,75 es decir 2,78 ml/kg/min y 0,79, según (García, Navarro, Ruiz 1996) el VO_2 de todo el organismo en su conjunto es de alrededor de 300 ml/min, equivalente a 3.5 ml/kg/min en valores relativos al peso corporal (índice de metabolismo basal), que es el equivalente 1 MET o unidad metabólica que refleja el gasto energético que precisa el organismo para mantener sus constantes vitales.

Comparación Frecuencia cardiaca en reposo

Los pentatletas tienen una frecuencia cardiaca promedio en reposo de 46,33 ppm. En sujetos entrenados dicha frecuencia cardiaca puede oscilar entre los 28 y 40 ppm (Wilmore & Costil, 2007)

Comparación Lactato en reposo

Los pentatletas tienen lactato de 2,50 mmol la fuente indica que en condiciones normales los sujetos sanos que están en reposo y bien oxigenados presentan valores entre 0,7-1,3 mmol/l. Fuente: (libro Pruebas para la valoración de la Capacidad Motriz en el Deporte, Juan M. García Manso, Manuel Navarro Valdivielzo, Jose Antonio Ruiz Caballero)

Durante la presente investigación con los cadetes del equipo masculino de pentatlón militar se pudo obtener datos durante un **test progresivo** maximal (DIPPER) con valores mínimos de frecuencia cardiaca de 120 ppm, lactato de 3,00 mmol, VO₂ de 2300ml/min, VO₂ de 32,86 ml/kg/min, CO₂ de 1700 ml/min, RQ de 0,68, O₂ de pulso de 14,56 ml/lat. , MET de 9,39.

Valores máximos durante el test maximal con frecuencia cardiaca de 191,83 ppm, lactato de 17,27 mmol, VO₂ml/mi de 3545, VO₂ ml/kg/min de 56,30, CO₂ de 3606,67 ml/min, RQ de 1,02, O₂ de pulso de 19,38 ml/lat, MET de 16,09.

Valores promedio durante el test maximal con frecuencia cardiaca de 173,10 ppm, lactato de 10,05 mmol, VO₂ de 3131,33ml/min, VO₂ de 49,97ml/kg/min , CO₂ de 3074,08 ml/min, RQ de 0,98, O₂ de pulso de 18,11 ml/lat, MET de 14,28.

Se pudo determinar también los siguientes valores en la zona de **UMBRAL ANAERÓBICO** con su respectivo porcentaje con respecto al valor maximal obtenido de todos los cadetes pentatletas: Frecuencia cardiaca de 172,33(89,83%) ppm, lactato de 7,02(40,64%) mmol, VO₂ de 3125,00(88%) ml/min , VO₂ de 50,10(88%)ml/kg/min, CO₂ de 3150,00(87,34%) ml/min , RQ de 1,01(98%), O₂ de pulso de 18,18(93%) ml/lat. , MET de 14,32(88,9%).

Se pudo también determinar la velocidad en Km/h y el ritmo en mil metros en la zona de umbral anaeróbico de todo el equipo de pentatlón militar con los siguientes valores y porcentajes del valor maximal obtenido:

Ritmo en 1000m. 00:03:36min. (91%), Velocidad en la zona de umbral 16,33km/h (82%).

Comparación de datos en la zona de Umbral Anaeróbico

El equipo de pentatlón registro los siguientes datos en el Umbral Anaeróbico (Ecuador) :

UMBRAL ANAERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO ₂ .ml/kg/min	VO ₂ /ml/min	CO ₂ /ml.min	RQ	Pulso/O ₂	MET
0:03:36	16,33	172,33	7,02	50,10	3125,00	3150,00	1,01	18,18	14,32
91,15%	82,09%	89,83%	40,64%	88,99%	88,15%	87,34%	98,93%	93,80%	88,99%

Umbral Anaeróbico FC-VO₂ en corredores de élite franceses de medio fondo y fondo

PRUEBA	VEL. UMB. K/h	FC-UMB.	% FC MAX.	% VO ₂
800 (M)	17,5	172,4	92,7	90,8
800(F)	13,7	179,7	92,9	87,5
1500 (M)	18,0	184,2	94,8	92,2
1500 (F)	15,3	183,9	94,0	88,3
10000 (M)	19,2	178,4	95,1	94,8

Fuente: (Jousselin y Stphen)

Sedentarios 50%-60% del VO₂ Max.
 Deportistas de Fondo 80%-95% del VO₂ Max.

Fuente: (Holman ,1981) (Davis ,1979) (Lopez Chicharro,1982)

Se pudo determinar también los siguientes valores en la zona de **UMBRAL AERÓBICO** con su respectivo porcentaje con respecto al valor maximal obtenido de todos los cadetes pentatletas: Frecuencia cardiaca de 164,50(85,75%) ppm, lactato de 4,28(24,81%) mmol, VO₂ de 2941,00(82,96%) ml/min, VO₂ de 47,14(83,73%) ml/kg/min, CO₂ de 2944,50(87,34%) ml/min , RQ de 1(98%), O₂ de pulso de 17,91(92,42%) ml/lat. , MET de 13,4(83,73%).

Se pudo también determinar la velocidad en Km/h y el ritmo en mil metros en la zona de umbral aeróbico de todo el equipo de pentatlón militar con los siguientes valores y porcentajes del valor maximal obtenido:

Ritmo en 1000m. 00:03:51min. (85,23%), Velocidad en la zona de umbral aeróbico de 15,32km/h (77,05%)

Comparación

Los pentatletas obtuvieron los siguientes datos en el Umbral Aeróbico:

UMBRAL AERÓBICO									
RITMO/1000m.	VELOCIDAD Km/h	FC/PPM	LACT./mmol	VO ₂ .ml/kg/min	VO ₂ /ml/min	CO ₂ /ml.min	RQ	Pulso/O ₂	MET
0:03:51	15,32	164,50	4,28	47,14	2941,00	2944,50	1,00	17,91	13,47
85,23%	77,05%	85,75%	24,81%	83,73%	82,96%	81,64%	98,26%	92,42%	83,73%

Sedentarios 50%-60% del VO₂ Max.
 Deportistas de Fondo 80%-95% del VO₂ Max.

Fuente: (Holman ,1981) (Davis ,1979) (Lopez Chicharro, 1982)

Durante la presente investigación con los cadetes del equipo masculino de pentatlón militar se pudo obtener también **datos durante la recuperación** durante cinco minutos con valores mínimos de frecuencia cardiaca de 121 ppm, lactato de 9,88 .Valores máximos de recuperación de frecuencia cardiaca de 191 ppm, lactato de 15,70 mmol.Valores promedio de recuperación de frecuencia cardiaca de 140 ppm, lactato de 13,85 mmol luego de 5 minutos y a los 15 minutos el promedio es de 10,5mmol, con una velocidad de recuperación de frecuencia cardiaca de 14ppm luego de 5 minutos y velocidad de recuperación luego de 15 minutos de lactato de 0,48 mmol/min.

Durante la presente investigación con los cadetes del equipo masculino de pentatlón militar también se pudo obtener los siguientes datos al final de los **cinco minutos de recuperación**:

Valores mínimos durante la recuperación después de cinco minutos de haber finalizado el test del equipo masculino de pentatlón militar con Frecuencia cardiaca de 96 ppm, lactato de 11,50mmol, VO₂ de 1360ml/min,VO₂ de 25 ml/kg/min ,CO₂ de 1450ml/min , RQ de 1,01,O₂ de pulso de 9,58 ml/lat. , MET de 7,14

Valores máximos durante la recuperación después de cinco minutos de haber finalizado el test del equipo masculino de pentatlón militar con Frecuencia cardiaca de 142 ppm, lactato de 16,00 mol, VO₂ de 1490 ml/min,VO₂ de 27,39 ml/kg/min , CO₂ de 1155ml/min , RQ de 1,09,O₂ de pulso de 15,52 ml/lat. , MET de 7,83

Valores promedio durante la recuperación después de cinco minutos de haber finalizado el test del equipo masculino de pentatlón militar con Frecuencia cardiaca de 121,33ppm, lactato de 13,85 mmol, VO₂ de 1433,83 ml/min,VO₂ de 26,36 ml/kg/min de CO₂ de 1501ml/min , RQ de 1,05,O₂ de pulso de 12,08 ml/lat. , MET de 7,53.

6.2 RECOMENDACIONES.

Se coordine con instituciones o centros de estudio de la actividad física , deportes y recreación nacionales e internacionales para que los estudiantes de nuestra carrera puedan obtener nuevos conocimientos y experiencias en lo que a nuestra área se refiere siendo este el factor motivante para realizar investigación , de esta manera cambiando la perspectiva y la visión del profesional graduado en Ciencias de la Actividad Física Deportes y Recreación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se gestione la adquisición de nuevas e innovadoras tecnologías que en la actualidad se encuentran brindando el apoyo para el mejoramiento de los procesos de evaluación y control en lo que a la actividad física y el deporte se refiere.

Se explote al máximo el empleo de estas nuevas tecnologías para proveer el conocimiento a nuestros estudiantes y de esta manera sean profesionales con gran capacidad y solvencia para que así aporten al desarrollo de la actividad física, recreación y deporte nacional.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Ayres, f. (2010). *Educacion Fisica*. México: Pearson.
- Barnaby, J. (2002). *Fisiología del Ejercicio Físico y del entrenamiento*. Madrid: Paidotribo.
- C, D. A., V, L. M., & “Maximal heart rate in exercise tests on treadmill and in a cycloergometer of lower limbs”Archivos Brasileiros de cardiología. Volumen 85, n. J. (s.f.).
- Cejuela, R., Chinchilla, J., Cortell, J., & Perez, J. (2010). *Nuevas Tendencias del Entrenamiento Deportivo*. Alicante: Cottolengo.
- Chicharro, J., & Fernández, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Panamericana.
- De Araujo , C., & Matos, L. (2005). “*Maximal heart rate in exercise tests on treadmill and in a cycloergometer of lower limbs*”.
- Garcia, M. (2007). *Resistencia y entrenamiento: Una metodología práctica*. Barcelona: Paidotribo.
- Garcia, M., Navarro, M., & Ruiz, J. (1996). *Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo*. Madrid: Gymnos.
- Garcia, Mariano. (2008). *Programación del entrenamiento de la resistencia*. Madrid.
- Mc Ardle, W., Katch, F., Katch, V., & Ardle, M. (2004). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: McGraw Hill.
- Minuchin, P. S. (2008). *Fisiología del Ejercicio II*. Buenos Aires: Nobuco.
- Minuchin, Patricia Silvana Fisiología del ejercicio II: sistemas cardiorrespiratorio, muscular, sanguíneo y nervioso- 1a ed. - Buenos Aires: Nobuko, 2008. (s.f.).
- Saltin, B., & Karlsson, J. (1971). Muscle Glycogen utilization during work of differents intensities. *Plenum Press-New York*, 289-299.

Shetler, K., Marcus, R., Froilicher, V., & Shefali, V. (2001). Heart rate recovery. *Journal of de American Collage o Cardiology*.

Wasserman , K., & Mcllroy . (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *PubMed*, 14: 844-852.