

# Construcción de indicadores antropométricos, de condición y preparación física general

Luis Alberto Cerquera Escobar\*

## Resumen

La Unidad Biomédica de la Facultad de Salud de la Universidad Surcolombiana realiza en la actualidad el seguimiento de 420 deportistas huilenses del nivel competitivo regional y nacional, vinculados a las ligas de las diferentes disciplinas deportivas, algunos de los cuales participaron decorosamente en los pasados juegos nacionales del año 2000. Se busca con ellos, por medio de un programa de seguimiento interdisciplinario, generar una élite deportiva organizada en preselecciones anuales por cada modalidad, para mejorar significativamente la participación en los próximos juegos nacionales y justas internacionales con la presencia de deportistas huilenses en los seleccionados colombianos.

Se ha generado una metodología surcolombiana que ha dado origen a un Programa de Alto Rendimiento, que nos ha permitido realizar un seguimiento poblacional a los deportistas huilenses del nivel competitivo, como también abordar con un mismo esquema protocolario el estudio del rendimiento deportivo con Indicadores que relacionan el biotipo con la condición y la preparación física general.

La metodología ha permitido asesorar con talleres técnicos a la tripleta Dirigente – Entrenador – Deportistas, con planes de entrenamiento que permiten seguir cronogramas con volúmenes de actividad, franjas de entrenamiento, competencias de paso y niveles de sobreentrenamiento, los cuales, cada 8, 12 ó 16 semanas, son controlados para determinar con indicadores la evolución de la condición de resistencia general, potencia pico muscular máxima (PPMMax) y la relación de fuerza muscular con coordinación y lateralidad de planos. Aspectos éstos que son contrastados con los indicadores de evolución antropométrica.

## Abstract

The present study shows the follow-up made to 420 sportsmen from Huila by the Biomedical Unit at the Universidad Surcolombiana, in order to prepare a sports elite that might improve their performance at national and international competitions. Through a High Performance Program, certain indicator which relate the sportsmen biotype to their general physical condition and training were taken into account to analyze their competition output. Results from the follow-up allowed to advice sportsmen, coaches and managers about training stips and controls for determining data on general endurance, muscular strength and motion coordination, which are related to anthropometric.

\* MD. Mgs. Fisiología. Profesor adscrito a Facultad de Salud de la Universidad Surcolombiana.

## Introducción

A la fecha, la Unidad Biomédica se ha convertido en una herramienta fundamental de apoyo al proceso del Plan de Entrenamiento, en donde la tripleta Dirigente - Deportista – Entrenador ponen en juego estrategias metodológicas guiadas por el método científico del entrenamiento deportivo, para lograr adaptaciones que en sí superan por amplio margen, los promedios poblacionales y los acercan al máximo rendimiento humano.

Sin embargo, también se llega cerca de la capacidad de adaptación y compensación de los estímulos para alcanzar un punto en donde sólo un poco es suficiente para dar al traste con todo el macrociclo de entrenamiento y la salud del atleta. Para poder llegar a los excelentes u óptimos logros deportivos es necesario, entonces, apoyar la dupla Atleta - Entrenador con un grupo multidisciplinario, partiendo desde la fisiología del ejercicio como coordinadora de un proceso de planificación, evaluación, control y retroalimentación de las condiciones de salud, psicológicas, de nutrición, postura y cualidades físicas. Este proceso de asesoría permanente se ha desarrollado en los escenarios del laboratorio de la Unidad Biomédica y en el terreno, mediante un acompañamiento permanente en las etapas de preparación y obviamente durante las competencias preparatorias, concentraciones y competencias fundamentales asociadas al ciclo nacional.

Para conocer y analizar el rendimiento deportivo se debe tener en cuenta que este es un producto multifactorial con preponderancia de tres factores esenciales: Potencial Genético, Niveles de Entrenamiento y el Estado de Salud. Sin embargo, no hay duda de que la capacidad de aumentar el rendimiento deportivo está directamente relacionada con el desarrollo de un adecuado proceso de entrenamiento. La excelencia deportiva requiere de una sistemática ejecución del plan de entrenamiento, complementada, seguida y mantenida con la aplicación de estrategias propuestas por las ciencias aplicadas al deporte<sup>1</sup>.

En síntesis, el control biomédico se puede definir como el conjunto de pruebas que se realizan en el laboratorio y en el sitio del entrenamiento, con el propósito de evaluar en el deportista su condición física, su respuesta fisiológica, metabólica y psicológica al proceso del entrenamiento y los efectos acumulativos de éste, para orientar al

entrenador en el ajuste y adecuación de las cargas, así como en el manejo de la recuperación y evitar el sobreentrenamiento y las lesiones osteomusculares.

En la unidad Biomédica de la Universidad Surcolombiana se ha cumplido con los siguientes objetivos generales de la evaluación fisiológica:

- “ Determinación de la capacidad biológica
- “ Contribución a los criterios de selección del talento deportivo
- “ Evaluación de la respuesta fisiológica y de salud de cada uno de los deportistas
- “ Caracterización del perfil fisiológico específico de cada deporte
- “ Identificación de los parámetros adecuados para el desarrollo de los planes de entrenamiento individual y colectivos
- “ Vigilancia de los cambios y las adaptaciones biológicas producidas por el entrenamiento
- “ Evitamos los niveles de sobreentrenamiento
- “ Asesoría a entrenadores en el ajuste y adecuación de las cargas de entrenamiento
- “ Información, a través del planificador, de los compromisos de entrenamiento y competencias de paso de cada deportista, a las ligas respectivas para permitirles una adecuada planificación presupuestal.

## Materiales y métodos

A la unidad Biomédica han sido remitidos por el Inderhuila los listados de los deportistas vinculados a las Ligas de Atletismo, Lucha, Levantamiento de Pesas, Subacuáticas, Voleibol, Ajedrez, Ciclismo, Baloncesto, Gimnasia, Patinaje, Tejo, Triatlón, Fútbol, Fútbol de Salón, Tenis de Mesa y Taekwondo. Los atletas son analizados bajo un mismo esquema protocolario totalmente sistematizado, cuyas variables alimentan constantemente nuestra base de datos en un sistema EPI INFO compatible con SINDEP que será instalado en nuestros servicios.

## Esquema protocolario de manejo

A los deportistas se les practica: 1. Examen Médico Deportivo, 2. Evaluación Antropométrica y 3. Evaluaciones Fisiológicas.

Examen Médico Deportivo: La historia médica

deportiva contempla los parámetros requeridos por los comités olímpicos nacional e internacional.

**Evaluación Antropométrica:** Consistente en la determinación de datos generales como peso y tallas, pliegues, alturas, perímetros y diámetros de la estructura óseo – muscular buscando con ellos definir percentiles, índices, porcentajes graso, muscular y óseo que clasifiquen el somatotipo del atleta. Con estos estudios poblacionales se consolidan los biotipos de mayor rendimiento de cada una de las disciplinas deportivas del departamento del Huila.

#### Evaluaciones Fisiológicas

1. Estudio unidades motoras: Buscamos con este estudio piloto poder tener datos referentes de unidades motoras significativas de músculos de óptima coordinación, que nos permitan presumir en un futuro próximo el tipo de fibras musculares que dominan la actividad física de cualquier deportista.

El estudio consiste en abordar un músculo con excelente funcionalidad de coordinación que, para nuestro caso, hemos escogido el ulnar flexor carpiano, tanto del lado derecho como del izquierdo, y los nervios cubital asociado, practicándoles estudios electromiográficos y de velocidad de conducción motora, respectivamente, con el fin de determinar su capacidad de respuesta coordinada para realizar contracciones voluntarias, tanto del lado derecho como del izquierdo, y comparándolo con la lateralidad dominante del atleta. La mayor presencia de unidades motoras múltiples polifásicas (MUPs) en el lado dominante se correlacionó significativamente con la lateralidad del deportista y se constituye en un indicador importante para determinar el porcentaje de dominancia y su diferencia con su lado contrario, para poder definir con ello el grado de lateralidad. Este indicador nos explicó el elevado porcentaje de lesiones de los “lados débiles” de algunas disciplinas como las Pesas y la Lucha y la falta de coordinación en algunos atletas y el por qué del nadado “torcido” de algunos deportistas de subacuáticas.

Aspiramos a consolidar en un corto tiempo la correlación existente entre la condición de mayor potencia pico muscular máxima (PPM<sub>máx</sub>) con la bilateralidad y el mayor número de MUPs.

2. Evaluación cardiopulmonar integrada del ejercicio: Regularmente la evaluación del ejercicio se ha realizado a través de pruebas o test de terreno o de laboratorio, que buscan valorar potencialidades musculares o cardíacas o respiratorias, en forma aislada, implicando una variación de las condiciones de tiempo o ambientales, que impedirían normalizar y/o estandarizar los resultados.

En nuestros laboratorios hemos diseñado una metodología que nos permite realizar evaluaciones cardíacas, respiratorias, musculares y metabólicas, bajo un mismo esquema protocolario normalizado en condiciones de tiempo y del peso del atleta; por el tipo de estudio que hemos escogido de corte poblacional, como uno de los objetivos primordiales está la determinación de la resistencia general y la potencia muscular, en forma individual o por disciplinas o grupos etéreos, altamente comparables entre sí y con el referente de los sedentarios.

¿En qué consiste un test de ejercicio integrado cardiopulmonar?

La función primaria de los sistemas cardiovascular y pulmonar es la de dar soporte a la respiración celular. El éxito de estos sistemas en el ensamble de esta función está reflejada en el consumo de oxígeno ( $VO_2/dt$ ) y la eliminación de  $CO_2$  ( $VCO_2/dt$ ), como respuesta a estímulos de frecuencia de trabajo específico. Un test de ejercicio cardiopulmonar integrado, puede suministrar más información que un test que solamente use el electrocardiograma para indagar la presencia o ausencia de enfermedades coronarias. El test integrado resuelve preguntas sobre otro tipo de desórdenes que pueden o no acompañar las enfermedades de las arterias coronarias, como también de las causas que limitan el ejercicio, reduciendo los costos y el tiempo requerido para el desarrollo de las evaluaciones deportivas.

¿Cómo se realiza la evaluación del ejercicio con frecuencias de trabajo incrementadas progresivamente?

El área de Fisiología del ejercicio de la Unidad Biomédica de la Facultad de Salud de la Universidad Surcolombiana, está dotada de una prueba de esfuerzo con banda rodante programable con protocolos normalizados con el

peso. La curva de frecuencia cardíaca se determina con un sistema Polar Vantage NV, incorporada directamente a la prueba de esfuerzo. Simultáneamente con estos software se realiza la determinación de la gasimetría oral con el sistema Cosmed K4B2 el cual nos determina las variables involucradas en el intercambio gaseoso.

El esquema protocolario se inicia con dos minutos de reposo (uno sentado y uno de pie), y los minutos de actividad que resista el deportista, con incrementos de 25 vatios cada minuto programados previamente en el protocolo de la banda normalizada con el peso. Terminada la fase de actividad, continúa el monitoreo durante los cinco minutos siguientes en la fase de recuperación.

La curva de frecuencia cardíaca del Polar Vantage se edita por minuto, junto a las curvas de la potencia manejada,  $VO_2/dt$  máximo y  $VCO_2/dt$ , datos, estos últimos dos, editados del K4B2, minuto a minuto, e incorporados a la curva Polar.

La utilización de la banda rodante permitió cumplir con criterios de pendiente y velocidad fácilmente graduables, calibración exacta del sistema y seguridad para el deportista por la disposición de las barras laterales y frontales. El ejercicio que se realiza permite la participación de un mayor número de grupos musculares (mayor del 50% de la masa muscular corporal), que exige la realización de un gesto biomecánico inherente a la especie humana: la deambulación,<sup>2</sup> motivo fundamental por lo cual la escogimos para evaluar la resistencia general en toda nuestra población deportiva.

El esquema protocolario respeta las siguientes reglas generales, exigidas por la comunidad científica deportiva internacional:

- Es progresivo (aumento gradual, minuto a minuto, la intensidad del trabajo realizado, en 25 vatios).
- La duración de la prueba está diseñada para durar entre 8 y 12 minutos, descontado el precalentamiento.
- Los incrementos de potencia varían dependiendo del peso de la persona; varían sólo velocidades y pendientes, minuto a minuto<sup>3</sup>.

La prueba ergoespirométrica tiene un carácter máximo, por cumplir con la siguiente serie de criterios de maximalidad de una prueba de esfuerzo<sup>4</sup>:

1. Se ha alcanzado la máxima capacidad de trabajo de cada uno de los deportistas evaluados, no sólo porque así lo manifestaron ellos, sino por estar sobre el límite de su frecuencia cardíaca máxima teórica:  $F_{cmax} \text{ teórica} = 220 - \text{edad (años)}$
2. El cociente respiratorio (R) superó, en todos los casos, la Unidad (1.0) e, incluso, el nivel 1.1
3. La concentración sanguínea de lactato no se midió, por no tener la tecnología, pero nos aseguramos haber trabajado en todos los casos por encima del cruce de las pendientes de las curvas del consumo máximo de oxígeno y la eliminación de  $CO_2$
4. Se objetiviza en todas las curvas un cambio dependiente de la curva de frecuencia cardíaca, con tendencia a formar una meseta en la parte final.

## Resultados

1. Historia Médica Deportiva: Se ha referenciado 420 historias médicas deportivas vinculados a 16 Ligas adscritas al Inderhuila. Se ha constituido así una importante base de datos de historia médica deportiva del Huila, que puede ser usada como elemento auxiliar para el manejo de la información, por la dirigencia deportiva, elemento clave para la planificación y distribución de recursos en forma eficiente, como también para la consolidación de las escuelas deportivas en formación.

En cuanto al reporte de lesiones y estado de aptitud de los deportistas, se han realizado 317 consultas de urgencias, 529 test ortostático para evaluar el estado de aptitud postentrenamiento y 180 certificaciones médicas. Hasta la fecha no se ha reportado ninguna deserción a competencia alguna por lesión o sobreentrenamiento. El análisis de esta base de datos ha permitido asesorar la fase de preparación física específica, en el

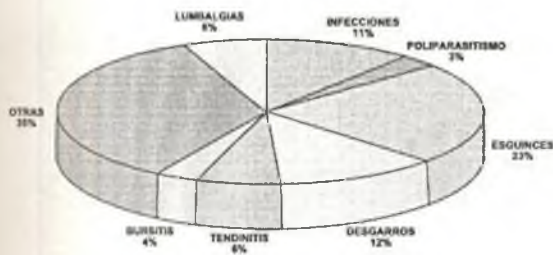
<sup>2</sup> López, Chicharro, Vaquero, p244.

<sup>3</sup> López, Chicharro, p245, Wasserman Cap. 3, p56-57.

<sup>4</sup> López, Chicharro, p246. Wasserman. p56.

reforzamiento de planos, de las articulaciones involucradas en los estados de lesión. El gráfico No. 1 relaciona en porcentajes (%) los diagnósticos más frecuentes de las consultas de urgencias realizadas en la Unidad Biomédica del 1 de agosto del 2000 al 31 de octubre del 2001.

**DISTRIBUCION DE DIAGNOSTICO DE LAS URGENCIAS ATENDIDAS EN LA UNIDAD BIOMEDICA DEL 1 DE AGOSTO DEL 2000 AL 31 DE AGOSTO DEL 2001**



2. Resultados Antropométricos: De 570 antropometrías realizadas, se han obtenido los promedios estadísticos (prom. = Promedio, Varian = Varianza, Desvía. = Desviación estándar), por liga de los indicadores antropométricos (Endomorfía, Mesomorfía, Ectomorfía, % Óseo, % Graso, % Muscular, Talla, Peso, Edades cronológica y deportiva), de las rondas iniciales y finales un año después para quienes lo han cumplido en el programa de buen rendimiento (ver Tabla No. 1 donde se muestra los primeros promedios de indicadores antropométricos del biotipo huilense).

Estos indicadores, en conjunto, constituyen el biotipo promedio de los deportistas huilenses que practican cada una de las 16 disciplinas referidas, como también su modificación un año después en aquellos que han logrado mantenerse en el programa de excelente rendimiento bajo esquemas de entrenamiento específico, donde se ha buscado esencialmente fortalecer la condición de fondo o de resistencia aeróbica general en las modalidades.

Corresponde ahora comparar en cada uno de los comités técnicos (dirigentes, entrenadores, Unidad Biomédica), las diferencias con biotipos de la élite nacional e internacional, con el fin de recortar diferencias utilizando esquemas metodológicos planificados a mediano (3 años) y largo plazo (8 y 12 años).

Huilenses que practican cada una de las 16 disciplinas referidas, como también su modificación un año después en aquellos que han logrado mantenerse en el programa de óptimo rendimiento bajo esquemas de entrenamiento específico, donde se ha buscado esencialmente fortalecer la condición de fondo o de resistencia aeróbica general en las modalidades.

3. Resultados Electrofisiológicos: Se ha realizado hasta el 31 de octubre del 2001, 774 estudios para unidades motoras (387 VCM = Velocidad de conducción motora en m/s, 387 electromiografías con electrodos de agujas para determinaciones de unidades motoras múltiples MUPs, simples y polifásicas, (ver Tabla No. 2) para valorar lateralidad de planos y compararla con el dominio motor. Se pudo determinar una relación bastante significativa ( $P \leq 0.001$ ), entre una predominante acción motora referenciada por el deportista y el mayor porcentaje de MUPs polifásicas comparando los lados derecho e izquierdo. La existencia de porcentajes de MUPs polifásicos mayores del lado dominante nos sugiere lateralización del deportista en la ejecución del movimiento. Esto nos explica la curvatura corporal observada en el desplazamiento de algunos nadadores de subacuáticas y el mayor número de lesiones que presentan en el lado dominante y lateralizado de algunos pesistas, ciclistas y luchadores. Hay que tener en cuenta que el aumento de la fuerza que se produce derivada del entrenamiento o por el dominio motor, no siempre es sinónimo de hipertrofia, pues el aumento de fuerza, sobre todo, el observado al comienzo de un programa de entrenamiento, se ha relacionado con un aumento de la actividad eléctrica del músculo (reflejo del impulso neural), que indica un mayor reclutamiento y una mejor sincronización de las fibras<sup>5</sup>.

#### 4. Resultados Ergoespiométricos

En la Tabla No. 3 aparece una relación de los indicadores que con mayor frecuencia evaluamos en la realización de las pruebas gasimétricas y ergoespiometrías.

#### Indicadores espirométricos

Consumo máximo de Oxígeno ( $VO_2/dt \max$ ): indicador estrella relacionado directamente a la capacidad de resistencia general. Se define como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo. Se expresa normalmente en ml/min o

**Tabla No. 1 PROMEDIOS DE BIOTIPOS POR DISCIPLINAS DEPORTIVAS EN EL DPTO. DEL HUILA  
RELACION DE INDICADORES DE ANTROPOMETRIAS**

LIGA	n	ENDOMORFIA			MESOMORFIA			ECTOMORFIA			% OSEO			% GRASO			% MUSCULAR			TALLA			PESO			EDAD CRONOLOGICA			EDAD DEPORTIVA		
		Prom	Varian	Desvi	Prom	Varian	Desvi	Prom	Varian	Desvi	Prom.	Varian	Desvia	Prom.	Varianz	Desvia	Prom	Varianz	Desvi	Prom	Varian	Desvia	Prom.	Varianz	Desvia	Prom	Varianz	Desvia	Prom	Varianz	Desvia
ATLETISMO	12	6,01	66,94	8,18	3,40	0,46	0,68	3,31	0,70	0,54	17,46	2,94	1,71	14,92	674,03	25,96	51,38	2,10	1,45	1,65	0,006	0,080	55,42	81,72	9,04	24,2	67,28	9,34	4,3	36,57	1,91
	8	3,48	0,76	0,87	3,59	8,27	0,52	3,03	0,35	0,60	17,04	2,49	1,58	7,55	13,40	3,66	51,87	1,48	1,22	1,63	0,002	0,049	54,13	14,72	3,84	28,5	75,32	8,68			
LUCHA	12	4,87	2,68	1,63	5,75	4,90	2,21	2,96	8,96	2,99	18,33	26,85	5,18	10,64	11,22	3,35	42,67	179,08	13,38	1,69	0,005	0,070	71,73	332,3	18,23	22,9	62,93	7,93	7,4	73,49	8,57
	6	5,66	28,56	1,69	5,86	0,80	0,89	0,77	0,88	0,83	14,60	2,40	1,55	9,87	9,91	3,15	51,41	5,13	2,27	1,69	0,010	0,990	78,33	406,6	20,16	29,9	44,39	6,63			
PESAS	24	3,65	3,67	1,92	4,11	1,70	1,30	3,05	2,22	1,49	16,96	3,96	1,99	9,88	10,91	3,30	51,10	3,21	1,79	1,61	0,012	0,109	62,20	238,7	15,45	17,5	28,30	5,32	3,5	18,02	4,24
	5	4,23	0,96	0,98	3,68	0,61	0,78	2,05	0,92	0,96	23,56	279,6	16,72	19,20	361,8	19,02	43,66	232,70	15,26	1,64	0,011	0,104	84,20	1822,7	42,69	18,9	6,22	2,49			
CICLISMO	22	3,46	0,29	0,54	3,20	2,03	1,42	3,30	0,67	0,82	17,85	3,27	1,61	7,43	3,29	1,84	50,74	2,67	1,63	1,70	0,002	0,040	59,92	40,41	6,36	19,6	10,52	3,24	4,4	9,94	3,15
	5	4,05	0,54	0,73	2,96	4,43	2,10	1,74	9,52	3,09	16,50	0,68	0,82	9,00	11,81	3,43	51,06	2,67	1,83	1,70	0,001	0,023	61,80	95,70	9,78	21,6	13,66	3,69			
SUBACUATICAS	23	5,26	1,80	1,34	3,98	1,32	1,14	1,67	2,91	1,70	15,05	8,60	2,93	12,87	20,70	4,55	48,51	3,36	2,95	1,68	0,012	0,111	66,10	218,5	14,78	16,1	10,27	3,20	5,0	7,07	2,65
	4	4,29	0,37	0,61	4,58	0,07	0,27	1,70	0,49	0,71	15,17	2,94	1,71	10,87	8,24	2,87	50,62	8,70	0,83	1,68	0,018	0,135	68,20	165,5	12,86	16,8	12,77	3,57			
VOLEIBOL M.	12	4,41	1,41	1,18	3,36	1,13	1,07	2,82	1,83	1,35	16,35	5,95	2,44	9,60	5,36	2,31	49,84	0,68	1,35	1,87	0,005	0,068	82,80	92,00	9,59	24,6	26,94	5,19	8,4	35,94	5,99
	10	4,22	1,05	1,02	3,28	1,15	1,07	2,81	1,27	1,12	16,14	1,99	1,41	9,19	5,03	2,23	50,55	1,83	1,48	1,84	0,008	0,090	81,30	108,14	10,44	26,3	20,43	4,52			
VOLEIBOL F	8	4,77	0,34	0,59	2,45	1,09	1,04	3,44	1,41	1,18	20,97	147,2	12,13	10,60	1,34	1,16	48,10	4,65	2,15	1,72	0,006	0,077	61,25	50,78	7,12	19,4	16,32	4,04	3,6	9,35	3,06
AJEDREZ	3	6,20	4,65	2,15	0,40	2,35	1,53	1,75	2,61	1,61	15,43	5,17	2,27	15,50	28,21	5,31	44,96	2,20	3,29	1,70	0,003	0,056	75,33	265,30	12,29	31,9	197,60	14,05	16,0	32,00	5,65
	2	5,14	0,33	0,57	3,41	1,06	1,03	2,33	0,56	0,75	16,20	0,50	0,70	13,50	5,78	2,40	46,20	10,86	2,35	1,71	0,006	0,078	67,00	18,00	4,24	27,5	310,75	17,67			
TAEKWONDO	3	3,10	0,11	0,33	4,17	0,18	0,43	3,19	0,48	0,69	17,46	0,003	0,58	5,80	0,37	0,60	52,63	10,58	0,55	1,65	0,006	0,052	55,00	13,00	3,60	23,5	9,57	3,09	11,2	35,58	5,96
	3	3,12	0,08	0,28	4,04	0,29	0,53	0,56	12,72	3,57	16,03	3,50	1,87	6,06	0,32	0,56	53,80	0,30	2,35	1,65	0,003	0,052	56,33	6,33	2,52	23,7	6,43	2,53			
GIMNASIA	10	3,62	1,21	1,10	3,55	0,67	0,81	3,76	1,69	1,29	20,37	3,96	1,99	9,02	13,56	3,68	47,70	5,56	1,70	1,51	0,014	0,011	40,80	89,51	9,46	12,7	1,15	1,07	2,7	3,17	1,78
TRIATLON	4	3,97	0,31	0,56	4,12	0,32	0,57	2,43	0,51	0,71	16,85	3,43	1,85	7,70	1,19	1,09	51,32	2,88	2,66	1,62	0,001	0,024	56,50	3,00	1,73	24,1	104,28	10,21	8,8	118,91	10,90
	4	3,01	1,27	1,12	3,40	1,60	1,26	2,59	1,26	1,12	16,70	3,43	1,86	7,70	0,64	0,80	51,50	7,10	2,29	1,63	0,001	0,290	56,50	5,66	2,38	24,5	107,32	10,36			
PATINAJE	17	3,90	0,65	0,81	3,74	0,42	0,64	3,29	1,06	1,03	20,08	4,17	2,04	9,77	11,36	3,37	47,01	5,24	1,80	1,51	0,007	0,066	43,05	80,30	8,96	12,5	1,24	1,11	2,2	1,58	1,25
TEJO	4	4,30	0,34	0,56	4,34	0,60	0,77	2,70	0,57	0,75	16,28	1,45	1,20	2,80	1,16	1,07	50,84	0,24	0,49	1,69	0,003	0,058	66,50	74,80	8,64	26,1	41,49	6,44	8,8	22,70	4,76
	2	3,99	0,004	0,06	3,69	0,33	0,58	2,83	0,72	0,84	17,40	0,08	0,26	7,95	0,60	0,76	50,55	0,24	0,49	1,68	0,007	0,085	60,00	18,00	4,24	24,3	106,50	10,32			
FUTBOL SALON	22	4,10	0,68	0,82	4,01	1,16	1,08	2,59	1,05	1,02	17,66	2,65	1,63	9,03	7,58	2,75	49,34	4,35	2,07	1,70	1,222	1,106	63,50	5,59	23,65	20,0	21,43	4,63	4,5	9,60	3,10
	5	3,51	0,29	0,17	4,72	5,06	2,25	3,01	0,23	0,48	18,52	3,87	1,96	7,18	0,30	0,53	50,20	4,67	2,16	1,69	0,002	0,042	61,00	14,00	3,74	18,2	1,42	1,19			
FUTBOL CAMPC	40	3,33	0,21	0,46	3,90	1,02	1,01	3,32	1,30	1,14	20,36	70,13	9,37	8,19	55,17	7,56	48,92	32,27	5,68	1,67	0,005	0,069	57,03	38,33	6,22	15,0	3,86	1,960	4,3	6,44	2,53
	6	8,66	147,20	12,13	4,40	0,53	0,72	2,32	0,54	0,74	17,36	0,90	0,85	7,58	1,39	1,17	50,85	1,40	1,18	1,65	0,003	0,052	60,30	10,67	3,20	16,2	2,21	1,48	5,9	5,32	2,30
BALONCESTO F	15	5,33	0,77	0,87	3,46	0,47	0,66	2,52	0,97	0,98	16,82	2,16	1,47	16,64	10,29	3,20	45,20	3,13	1,78	1,64	0,002	0,490	58,60	46,25	6,60	15,3	0,76	0,87	4,1	1,41	1,18
BALONCESTO N	15	4,21	1,23	1,10	3,95	1,84	1,35	3,23	1,87	1,36	18,23	4,86	2,20	9,56	5,99	2,44	48,07	2,12	1,45	1,77	0,008	0,087	70,06	139,39	11,80	15,4	1,44	1,20	3,5	2,69	1,64
SEDENTARIOS	24	5,82	3,24	1,79	5,23	4,69	2,16	1,29	4,71	2,17	14,41	6,63	2,57	13,82	24,76	4,97	47,95	12,52	3,54	1,73	0,007	0,081	84,13	357,48	18,90	39,4	159,30	12,62	1,9	3,47	1,86

**Tabla 2. ESTUDIO DE UNIDADES MOTORAS  
COMPARACION CON LA DOMINANCIA MOTORA**

LIGA	n	VCM						MUPS												DOMINANCIA		
		DERECHA			IZQUIERDA			DERECHA						IZQUIERDA								
		DERECHA			IZQUIERDA			SIMPLES			POLIFASICAS			SIMPLES			POLIFASICAS					
		Prom.	Varianza	Desvia.	Prom.	Varianza	Desvia.	Prom.	Varianza	Desvia.	Prom.	Varianza	Desvia.	Prom.	Varianza	Desvia.	Prom.	Varianza	Desvia.	Duestr.	Bidies.	Izqui.
ATLETISMO	12	40.38	201.83	14.21	54.74	253.43	15.92	27.50	561.30	23.69	82.27	275.80	16.60	32.11	350.36	18.71	76.00	512.20	22.63	100.0%		
LUCHA	13	56.86	52.28	7.23	58.55	87.77	9.36	15.90	126.09	11.22	82.69	295.89	17.20	29.15	601.47	24.52	70.76	601.35	24.52	84.0%	7.7%	7.7%
PESAS	24	59.16	61.32	7.83	55.82	43.32	6.58	17.10	510.43	22.59	86.45	449.82	21.21	23.95	532.56	23.07	76.04	532.56	23.08	91.0%	7.7%	7.7%
CICLISMO	9	54.31	20.51	4.52	52.91	10.29	3.21	22.60	389.80	19.74	87.44	336.77	18.35	19.85	215.14	14.66	84.44	236.27	15.37	91.0%	4.3%	4.3%
SUBACUATICAS	20	59.61	58.36	7.64	56.47	145.40	12.05	34.93	464.06	21.54	73.80	582.80	24.14	28.65	405.71	20.14	71.35	405.71	20.14	90.9%		9.1%
VOLEIBOL	12	57.72	36.16	6.01	55.75	49.76	7.05	24.63	355.25	18.84	77.45	373.53	19.32	28.09	631.09	29.16	74.25	639.47	25.66	90.0%	5.0%	5.0%
AJEDREZ	3	59.40	20.23	4.49	64.96	322.89	17.96	36.00	307.00	17.52	64.00	307.00	17.52	21.33	850.30	13.43	78.66	850.33	29.16	66.7%		33.3%
TAEKWONDO	3	64.70	69.16	8.31	54.53	438.22	20.93	24.00	80.00	2.82	85.00	169.00	13.00	14.50	180.30	24.55	90.33	160.33	12.66	66.7%		33.3%
GIMNASIA																				90.0%		10.0%
TRIATLON	6	58.30	46.76	6.83	53.56	29.66	5.44	11.50	80.33	8.96	92.33	83.46	9.13	29.00	603.00	26.62	75.83	622.56	24.95	100.0%		
PATINAJE																				91.1%		
TEJO	5	61.60	16.88	4.11	59.20	48.14	6.93	21.75	131.58	11.47	82.60	193.30	13.90	32.20	708.70	24.27	67.80	708.70	26.62	80.0%		20.0%
FUTBOL SALON	18	56.69	24.29	4.92	60.08	80.72	8.98	25.47	298.39	17.27	72.94	478.52	21.87	33.00	589.17	26.62	71.11	466.81	21.61	87.0%	4.3%	8.7%
FUTBOL CAMPO	24	56.30	55.24	7.49	56.82	51.47	7.17	27.23	169.59	13.02	75.30	214.94	14.66	19.86	150.69	24.57	81.00	161.00	12.68	76.0%	16.0%	8.0%
BALONCESTO F.																				93.8%		6.3%
BALONCESTO M.																				92.9%		7.1%
SEDENTARIOS	15	56.23	33.48	5.78	59.80	115.07	10.72	26.73	407.35	20.18	124.80	41538.3	203.81	438.60	438.60	20.94	72.57	467.18	21.62	83.3%	11.1%	5.6%

Luis Alberto Cerquera Escobar

relativo al peso del sujeto en mililitros/kg peso/ minuto. Es muy variable entre individuos y depende fundamentalmente de la dotación genética, la edad, el sexo, el peso y grado de entrenamiento o de condición física. La condición aeróbica está en gran parte determinada genéticamente; la herencia puede condicionar hasta el 70% del VO<sub>2</sub>/dt max dependiendo solo un 20% del entrenamiento.

El VO<sub>2</sub>/dt max también depende estrechamente de la edad. Desde el nacimiento aumenta gradualmente, con relación a la ganancia de peso. Los niños tienen un alto VO<sub>2</sub>/dt max normalizado al peso (especialmente al peso magro). Gradualmente va aumentando con la edad y se alcanza el máximo entre los 18 y 25 años. En cuanto al sexo, para cualquier edad es mayor en los hombres. En estas diferencias parecen intervenir varios factores, como condicionantes

genéticos, hormonales e incluso la menor cantidad de hemoglobina que las mujeres presentan debido a los ciclos menstruales. El VO<sub>2</sub>/dt max depende del peso, especialmente, el peso magro: a mayor masa muscular, mayor VO<sub>2</sub>/dt max. El grado de entrenamiento puede inducir aumentos sustanciales en la misma. Un paciente cardiópata entrenado puede aumentar un 15% - 20% su nivel aeróbico, con la consiguiente mejoría en su calidad de vida y en su capacidad funcional. En el mundo deportivo un atleta bien entrenado puede aumentar hasta un 20% su VO<sub>2</sub>/dt max.

Como hemos visto el VO<sub>2</sub>/dt max constituye una excelente valoración del estado del sistema de transporte de oxígeno. Es, además, un parámetro muy reproducible aún en casos de diversos tipos de patología, como en la insuficiencia cardiaca, requiriendo para ello una metodología muy cuidadosa y de alta tecnología como la que

**Tabla No. 3 Indicadores que se evalúan durante la realización de la gasimetría y ergoespirometría en el Esquema Protocolario Normalizado**

Indicadores Espirométricos	Indicadores Cardiovasculares	Indicadores Metabólicos
VO <sub>2</sub> /dt max relativo (ml/min/kg) Consumo máximo de oxígeno	HR (latidos/min) Frecuencia Cardiaca	V (vatios) Vatiage manejado
VCO <sub>2</sub> /dt (ml/min) Producción de CO <sub>2</sub>	Ri Ritmo Cardiaco	PPMax (w/kg) Potencia pico muscular máximo
VE (litros aire/min) Ventilación de Ejercicio	EJE (en grados) Eje Cardiaco	
POX =VO <sub>2</sub> /FC (mil/min/latido) Pulsioxímetro Segmento ST	ST Supradesnivel Infradesnivel : Anormal - Normal	
Delta = VO <sub>2</sub> /dt/w (mil/min/w) Delta Aeróbico recuperación a 2 minutos	R2 (Latidos/min) Frecuencia cardiaca de	
UI (latidos/min) Umbral de lactato		
BR (%) Reserva ventilatoria		
<p>Nota: La gasimetría oral nos permite evaluar otros parámetros como los equivalentes ventilatorios de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, el cociente respiratorio R, la frecuencia respiratoria HR, espacio muerto anatómico, evaluación energética, entre otros, con los cuales estamos proponiendo estudios complementarios al programa de rehabilitación cardiopulmonar .</p>		



disponemos en nuestra Unidad Biomédica con el sistema Cosmed K4B2 para análisis del intercambio de gases respiratorio que nos permite medir respiración a respiración en forma muy confiable. El problema consiste en disponer de datos objetivos para considerar que el sujeto realmente ha llegado a su máxima capacidad de esfuerzo y, por tanto, hemos determinado su mayor consumo de oxígeno posible. Estos datos son los siguientes:

- a) Presencia de una meseta en la curva de  $VO_2/dt$  de tal manera que, aunque aumente la carga de trabajo, no aumente el  $VO_2/dt$  o bien que el aumento sea inferior a 150 mil/min en dos estadios sucesivos cuando se utilizan protocolos con aumento de cargas por estadios, como lo hace nuestro esquema protocolario.
- b) Que se alcance una concentración plasmática de ácido láctico de 8 milimoles/litro, aspecto éste difícil de corroborar por carecer de la tecnología para la medición.
- c) Que el cociente de intercambio respiratorio (R) sea mayor que 1.1 presentado en alguno de nuestros casos, sobre todo, asociados a niveles de sobre entrenamiento.
- d) Que la frecuencia cardiaca máxima se desvie lo menos posible de lo que teóricamente corresponda de acuerdo a la edad.

El criterio más confiable es la morfología en meseta que se presentó en varios de nuestros casos. Normalmente cumplimos con los criterios a, c y d, valorando también el grado de agotamiento subjetivo y la apariencia de agotamiento que presentaban los sujetos<sup>5</sup>.

Los valores de  $VO_2/dt$  max relativo cercanos a los 75.0 mil/min/kg en hombres y 70.0 mil/min/kg en mujeres, son considerados como excelentes<sup>6</sup>. En disciplinas deportivas como ciclismo, maratón, triatlón, lucha y voleibol un consumo de oxígeno alto es un buen indicador de potencial deportivo. En la tabla No. 4 se muestra nuestro estudio piloto de promedios de todos los indicadores de excelente rendimiento incluyendo el  $VO_2/dt$  max relativo por disciplinas, sexo, talla y edad del Departamento del Huila y su comportamiento al inicio del monitoreo (agosto del 2000) y un año después (agosto del 2001) de haberse iniciado la

metodología de entrenamiento por franjas de frecuencia cardiaca con mayor énfasis en el trabajo de fondo con franja R3 o  $VO_2$  y RL o franja de resistencia.

**Ventilación Pulmonar (VE):** La ventilación minuto puede aumentar significativamente aumentando la frecuencia de las respiraciones, la profundidad de las mismas o ambas. Durante un ejercicio intenso, la frecuencia respiratoria de varones jóvenes y sanos suele ser de 35 a 45 respiraciones por minuto, si bien pueden encontrarse valores de hasta 60 ó 70 respiraciones por minuto en atletas de élite durante un ejercicio de máxima intensidad. Por otra parte, es normal hallar cifras de volumen corriente respiratorio de 2 ó más litros de aire. Por tanto, a altas intensidades de ejercicio cuando aumentan, tanto la frecuencia respiratoria como el volumen corriente, la ventilación minuto puede alcanzar y superar los 100 litros por minuto (17 veces más que los valores de reposo). En atletas varones bien entrenados en deportes de resistencia, la ventilación máxima (VE max) puede superar los 160 litros por minuto. De hecho, en la literatura científica están recogidos valores de ventilación por encima de 200 l/min. De todos modos, incluso, para unos valores altos de ventilación minuto, el volumen corriente no suele exceder el 55-65% de la capacidad vital en los seres humanos, ya sean éstos sujetos sedentarios o atletas bien entrenados.

**Producción de  $CO_2$  ( $VCO_2/dt$ ):** es una variable general del metabolismo celular, a través de ella se expresa una estrecha relación con la actividad realizada. Su mayor importancia para nosotros está cuando sus niveles de medición sobrepasan los de  $VO_2/dt$ , como indicativo de la mayor degradación de ácido láctico, que ocurre cuando se superan los niveles de 4 milimoles/litro en sangre (umbral anaeróbico) y nos representa el cruce de las pendientes de las curvas de  $VO_2/dt$  y  $VCO_2/dt$  del perfil gasimétrico del comportamiento de la frecuencia cardiaca que resulta del análisis del monitor Polar. En esta curva a mayor elevación y tiempo de este cruce nos expresa mayor condición aeróbica y de resistencia general del atleta.

**Pulso de Oxígeno o Pulsioxímetro ( $VO_2/FC$ ):** el pulso de oxígeno es la cantidad de oxígeno que se consume durante un ciclo cardiaco completo. Se

<sup>5</sup> López Chicharro Cap. 23, p251 – Wasseman. Cap. 3, p55-56.

<sup>6</sup> Maughan R.J., *Basic and Applied Sciences for Sports Medicine*. Oxford: Butterworth and Heinemann eds., 1999.

denota la importancia que tiene este parámetro en relación a la función sistólica del corazón y obviamente a su estructura funcional que la clasifica como indicador de condición física general. Los valores del pulso de oxígeno se han relacionado con las dimensiones cardíacas. Además, se ha comprobado cómo el valor del pulso de oxígeno aumenta con la edad. Así, los niños poseen una mayor frecuencia cardíaca y unas menores dimensiones cardíacas, lo que provoca un menor pulso de oxígeno. Por tanto, la edad y el entrenamiento hacen que el pulso de oxígeno aumente debido al aumento de las cavidades y al descenso de la frecuencia cardíaca. En cuanto a la evolución de este indicador con el esfuerzo, su dependencia del volumen de eyección (volumen sistólico) condiciona su evolución. Durante la realización de una ergometría, el pulso de oxígeno máximo se alcanza prácticamente al tiempo que se logra el consumo máximo de oxígeno. Por tanto, ello significa que, al ser constante el volumen de eyección, el pulso aumenta por el incremento de la diferencia arteriovenosa de oxígeno. El pulso de oxígeno aumenta muy rápidamente entre el 50% y el 60% del consumo de oxígeno máximo que aumenta más lentamente a partir de esta intensidad.

Una enfermedad cardíaca puede reducir la eficiencia cardíaca y, por consiguiente, disminuir el pulso de oxígeno. La frecuencia cardíaca elevada limita el pulso de oxígeno, ya que, mientras mayor sea, menor será el pulso de oxígeno y, por consiguiente, podemos deducir la existencia de una reserva cardíaca disminuida. Por la misma razón, el pulso de oxígeno puede indicar una diferencia entre la hipertrofia fisiológica de los atletas de resistencia y la hipertrofia patológica de los enfermos con miocardiopatía hipertrófica<sup>8-9</sup>. Así, pues, podríamos concluir que el pulso de oxígeno es un indicador de la contribución al ejercicio aeróbico que hace el corazón, o contribución cardíaca al ejercicio aeróbico.

Delta Aeróbico ( $DVO_2/dt /Dw$ ) durante el ejercicio incrementado: determina este indicador la contribución que hace la condición aeróbica del individuo al ejercicio realizado; valores bajos sugieren una alta contribución anaeróbica (menor que 7) y valores por encima de 10 indica contribución aeróbica<sup>10</sup>.

Umbral Anaeróbico o Umbral de lactato (ul): en latidos/minuto (lpm o bpm): se define como la intensidad de ejercicio o de trabajo físico por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre, a la vez que la ventilación se intensifica también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido. A partir de esta definición, las diferentes escuelas han estudiado el comportamiento del ácido láctico durante la realización de un ejercicio incremental, mientras que otras han estudiado más los parámetros ergoespirométricos para diferenciarse, de esta forma, el umbral láctico del ventilatorio. El punto en el cual la concentración de lactato comienza a elevarse por encima de los valores de reposo, se ha definido también como umbral láctico y existen diferentes formas para determinarlo, de las cuales la Unidad Biomédica, por la dificultad existente para la determinación de ácido láctico en sangre, escogió el cruce de las pendientes de  $VO_2/dt$  con  $VCO_2/dt$  del perfil gasimétrico obtenido en el Cosmed K4B2 y adicionado a la curva de frecuencia cardíaca del Polar<sup>11</sup>.

De un modo general, podemos resumir en los siguientes puntos algunas de las aplicaciones que hemos realizado en la Unidad Biomédica con la determinación del umbral anaeróbico, dentro de la esfera médico-deportiva (ver Tabla No. 4):

- Caracterizar atletas de resistencia. Ya hemos comprobado cómo los atletas de resistencia poseen valores elevados de umbral, en contraposición con los individuos sedentarios o deportistas de potencia o velocidad ( $p \leq 0.0001$ ).
- Evaluar los efectos del entrenamiento de resistencia. Mediante la observación de la evolución de los valores del umbral, acercándose o alejándose de su  $VO_2/dt$  max, informando de la idoneidad de carga de trabajo recibida por el atleta (comparar valores de ul de la Tabla No. 4 al inicio del programa de entrenamiento y un año después).
- Prescripción de ejercicios. Basados en el umbral, se intenta controlar más científicamente el entrenamiento deportivo.
- Predicción en pruebas de resistencia. Calcular, mediante el valor del umbral, cuál

<sup>8</sup> López Chicharro - J. Fernández V. Cap. 25, p274.

<sup>9</sup> Wasseman. Cap. 3, p65 - 66.

<sup>10</sup> Wasseman. Cap. 3, p54.

será el rendimiento en pruebas atléticas de larga duración.

Reserva Ventilatoria (BR): es la diferencia entre la ventilación voluntaria máxima (MVV) – ventilación en el ejercicio máximo = reserva ventilatoria, como la ventilación que no se usa durante el ejercicio máximo. Hemos encontrado una estrecha relación entre la BR y el nivel de entrenamiento; a mayor nivel de entrenamiento menor reserva ventilatoria y viceversa<sup>12</sup>.

### Indicadores cardiovasculares

Frecuencia Cardiaca (HR), Ritmo Cardiaco (Ri), Eje Cardiaco y Segmento ST: debido a que el ejercicio induce un incremento de la frecuencia cardiaca y un acortamiento del tiempo diastólico, la irrigación coronaria se reduce. Así, las enfermedades coronarias se detectan mayor en la electrocardiografía dinámica del ejercicio, que la del reposo. En ella, se puede establecer una diferencia entre el oxígeno disponible para el miocardio y el oxígeno requerido para el trabajo

TABLA No. 4 PROMEDIOS DE INDICADORES DE PREPARACION FISICA GENERAL Y CONDICION FISICA GENERAL DE LOS DEPORTISTA DEL DPTO. DEL HUILA

LIGA	Prueba	INDICES DE COINDICION FISICA GENERAL						INDICE DE PREPARACION FISICA GENERAL				
		POX (ml/min/100kg)	DELTA (ml/min/100kg)	PPMax (w/kg)	Talla (cm)	Peso (kg)	Edad (años)	BR (%)	VO2max (ml/min/Kg)	Recotti 2 (bpm)	ul (bpm)	w (wattios)
ATLETISMO	1	14,3	10,4	4,6	1,65	55,42	24,2	38,2	44,4	126,1	155,1	254
	3	15,2	9,6	4,8	1,63	54,13	28,5	30,4	42,8	123,8	129,5	263
LUCHA	1	14,9	11,3	3,6	1,69	71,73	22,9	41,4	40,0	134,1	145,6	250
	3	11,8	3,9	3,9	1,69	78,33	29,9	36,2	46,2	142,8	142,8	263
PESAS	1	11,5	11,2	3,4	1,61	62,20	17,5	53,44	35,87	137,96	152,42	191
	3	16,64	12,18	3,85	1,64	84,20	18,9	51,45	37,17	124,60	131,40	240
AJEDREZ	1	0,00	0,00	0,00	1,70	75,33	31,9	2,76	0,00	136,00	136,00	120
	2	9,75	8,17	3,05	1,71	67,00	27,5	37,30	28,52	125,67	116,33	200
CICLISMO	1	10,13	7,26	4,30	1,70	59,92	19,6	20,55	46,42	123,77	135,77	255
	2	15,37	10,41	4,58	1,70	61,80	21,6	35,70	55,95	127,14	138,57	279
GIMNASIA	1	6,72	7,39	4,24	1,51	40,80	12,7	44,19	29,70	136,80	124,11	168
	2	18,93	14,33	4,14	1,85	56,33	23,7	48,58	59,23	132,33	146,33	233
SUBACUATICAS	1	4,83	4,52	3,42	1,88	66,10	16,1	16,18	38,80	140,43	144,22	230
	4	10,96	8,76	3,53	1,68	68,20	16,8	31,75	34,55	149,38	144,13	219
FUTBO SALON	1	15,15	11,17	3,82	1,70	63,50	20,0	58,77	41,39	133,96	132,00	245
	2	15,08	9,80	4,55	1,69	61,00	18,2	61,18	44,43	133,50	133,25	275
TRIATLON	1	5,28	3,30	4,98	1,62	56,50	24,1	9,25	49,58	116,00	140,25	281
	3	16,65	10,69	5,13	1,63	56,50	24,5	19,25	48,81	117,50	87,00	288
TEJO	1	0,00	0,00	3,49	1,69	66,60	26,1	0,00	36,20	134,00	136,40	230
	2	15,05	13,13	3,86	1,68	60,00	24,3	55,92	46,49	139,00	129,00	238
PATINAJE	1	7,75	7,81	4,69	1,51	43,05	12,5	37,91	32,84	138,88	135,18	197
BALONCESTO F	1	8,54	7,99	3,37	1,64	58,60	15,3	38,77	27,87	138,00	115,85	167
BALONCESTO M	1	12,95	9,04	3,77	1,77	70,06	15,4	62,33	32,53	131,71	128,86	261
FUTBOL CAMPO	1	14,24	10,92	4,28	1,67	60,30	15,0	34,04	47,28	132,06	139,54	241
	2	8,63	6,00	4,66	1,65	57,03	14,4	19,37	43,70	138,00	132,67	267
VOLEIBOL F	1	11,15	10,30	3,35	1,72	61,25	19,4	54,60	33,21	131,82	125,91	209
VOLEIBOL M	1	5,84	5,40	3,59	1,67	62,80	24,6	28,60	36,98	129,86	129,29	264
	2	18,71	10,30	3,82	1,84	81,30	26,3	74,25	37,25	124,82	134,27	323
SEDENTARIOS	1	15,76	11,45	2,83	1,73	84,13	39,4	59,78	30,69	130,78	132,96	223

<sup>12</sup> López Chicharro – Calvo Martínez F., Fernández V. *Cap. 24, p258 y 267.*

cardiaco impuesto. Cuando el músculo cardiaco se contrae, sin adecuado oxígeno (izquemia), se altera la permeabilidad iónica de sus células, alterando el restablecimiento de los gradientes iónicos de las membranas, disminuyendo la sístole cardiaca. El proceso repolarizante también se enlentece en las áreas izquémicas del miocardio, contando cambios agudos de la onda T (aplanamiento) y supra o infradesniveles del segmento ST. La presencia de latidos ectópicos (extrasístoles), al incrementar el trabajo cardiaco, también la consideramos patológica asociada a izquemia miocárdica. Nuestro monitoreo cardiaco se realiza comparando el referente de reposo, con el registro en actividad segundo a segundo<sup>3</sup>.

Tiempo de Recuperación a los 2 minutos (R2): la fase de recuperación en el ejercicio, determina el nivel de deudas de oxígeno que deja el ejercicio respectivo. Los atletas de alto rendimiento manejan frecuencias cardiacas a los 2 minutos menores o iguales a 120 latidos/min, cercanas a las frecuencias manejadas en el calentamiento del ejercicio. Esto demuestra bajas deudas de oxígeno y menor fatigabilidad.

### Indicadores metabólicos

Vatiage (V =vatios): es un indicativo de la potencia manejada por el deportista minuto a minuto hasta el agotamiento, dependiente de la carga de trabajo impuesta y de su peso.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo}}{\text{Tiempo (seg)}} = \frac{\text{Peso} \times \text{distancia recorrida}}{\text{Tiempo}} = \text{Peso} \times \text{velocidad}$$

Las variables peso y velocidad constituye los elementos de soporte de los protocolos normalizados con el peso, que están programados en la banda rodante.

Los deportistas de excelente rendimiento de la élite internacional manejan entre 300 y 350 vatios, según la literatura científica.

Potencia Pico Muscular Máxima (PPMax) (w/peso): relaciona el vatiage máximo manejado y el peso del deportista, como un índice de fuerza dinámica máxima, o sea, la fuerza que el sistema

neuromuscular realiza voluntariamente durante el movimiento impuesto por la banda rodante y fuerza resistiva, como la resistencia del músculo o grupo muscular frente a la fatiga, durante las contracciones musculares repetidas, o sea la duración de la fuerza a largo plazo. Este indicador, cumple con los requisitos de los test isocinéticos para medición de fuerza, pues aplica velocidades, trabajos y potencias realizadas por los grupos musculares corporales del ser humano que promueven la deambulaci6n<sup>14</sup>. En deportes con predominio de la resistencia aer6bica, una carga de 5.5 V/k se considera un valor normal para un deportista de élite, y para un deportista de nivel mundial 6.5 V/k es un valor relativamente frecuente<sup>9 15 16</sup>.

En la Tabla No. 4 se determinan los promedios estadísticos de los indicadores de condición física general (relaci6n directa con el biotipo) e indicadores de preparaci6n física general (relaci6n directa con el nivel de entrenamiento), de los deportistas de cada una de las disciplinas. Se toman los promedios de la primera ronda al inicio del programa y un a6o despu6s, una vez implementada una inducci6n de fortalecimiento del fondo a trav6s de esquemas metodol6gicos de aer6bicos y atletismo. Este constituye el primer referente nacional de un estudio de corte poblacional para un departamento espec6fico de la geografía colombiana que debe ser utilizado como base de partida para evaluar los resultados de las metodologías de entrenamiento usadas por los equipos técnicos en b6squeda de mejoras constantes de cada uno de estos indicadores como objetivo primordial de cada una de las Ligas.

Queda construida la base de datos energética, que nos permite evaluar las necesidades cal6ricas basales y en ejercicio por hora, de cada uno de los deportistas que va a ser utilizada para el seguimiento nutricional de las preselecciones a partir del 2002, para lo que se requeriría con urgencia la contrataci6n de una nutricionista.

Hemos enviado a las diferentes Ligas del Inderhuila los indicadores de condición y preparaci6n física general de todos los deportistas vinculados a ellas, distribuidos por disciplinas, sexos y fechas, con el fin de que sus Comit6s Técnicos (asesor Inderhuila,

<sup>12</sup> Wasseman. Cap. 3, p54.

<sup>13</sup> Wasseman. Cap. 3, p55.

<sup>14</sup> Alvarez, J., L6pez Chicharro, J., Fern6ndez V. Cap. 9, P105, 113 - 114

técnicos y Unidad Biomédica) junto con las marcas y récord de cada uno de sus deportistas, realicen las preselecciones huilenses de cada modalidad para los próximos juegos nacionales. Las fechas iniciales de estos listados corresponden a la preparación realizada en el mesociclo de tres meses antes de los Juegos Nacionales del año 2000, pudiendo comprobar que los mejores resultados obtenidos en dichos juegos se asocian significativamente a los mejores indicadores en las disciplinas de lucha, pesas, voleibol y subacuáticas. Igualmente, podemos asegurar que los deportistas huilenses que en la actualidad hacen parte de selecciones Colombia (Fernando Andrés Carvajal en lucha; Faiber Aroca en pesas; Leonidas Romero, Juan Camilo Valencia, Pedro Chaux y Diana Milena Cabrera en subacuáticas) tienen indicadores sobresalientes en el año de seguimiento que se ha realizado. Hemos estado apoyando participaciones destacadas como las de las selecciones juvenil y prejuvenil de fútbol de campo y fútbol de salón en mayores. Los pesistas y luchadores han recibido también galardones nacionales y departamentales en este año.

Con estos grupos de deportistas se continuará el trabajo año tras año, aplicando el mismo esquema protocolario y perfeccionando las metodologías de entrenamiento; planificación que puede proyectarse a los 8 ó 12 años próximos. Hemos organizado, con ayuda de la Gobernación del Huila – Inderhuila, un grupo interdisciplinario con psicólogo, metodólogo, fisioterapeuta y expertos en aeróbicos, para generar un programa de óptimo rendimiento con proyección a 12 años. Se busca fortalecer las políticas gubernamentales del Plan Decenal del departamento del Huila, sobre todo, en el aspecto fundamental de la conformación y consolidación de las escuelas deportivas, en el que hemos colaborado en la asesoría directa realizada al grupo de deportistas que va a participar próximamente los Finales Nacionales de Juegos Intercolegiados.

### Bibliografía

Hawley J. A., Burke L. M. *Peak Performance: Training and Nutritional Strategies for Sports*. USA: Allen and Wnwin eds., 1998.

López Chicharro José, Fernández V. A., *Fisiología del ejercicio*. España: Médica Panamericana, España, Cap. 9, 23, 24, 25, p105, 247, 257,271. 1998.

Maughan, R.J., *Basic and Applied Sciences for Sports Medicine*. Oxford: Butterworth and Heinemann eds., Oxford, 1999.

Mc Dougall, Wenger and Green: *Physiological Testing of the High Performance Athlete*, Human Kinetics.

Revista Antioqueña de Medicina Deportiva y ciencias aplicadas al deporte y a la actividad física. *Indersportes Antioquia*, mayo de 2001.

Wasserman Karlman, Hansen J. E., Sue D., Whipp Brian J. Casaburi R., *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. USA: William y Wilkins, Cap. 3, p52-60. 1994.

<sup>9</sup> Maughan.

<sup>15</sup> Mc Dougall, Wenger and Green: *Physiological Testing of the High Performance Athlete*.

<sup>16</sup> Hawley J. A., *Peak Performance: Training and Nutritional Strategies for Sports*, eds., 1998.