

11223 2



Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Medicina

División de Estudios de Posgrado e Investigación
Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas
Subdirección de Investigación y Medicina del Deporte

Comparación y análisis de la frecuencia cardiaca en ergometrías realizadas con bicicleta ergométrica y banda sinfín en un mismo grupo de deportistas.

292375

Tesis de Posgrado

que para obtener el diploma de la especialidad en:

Medicina del Deporte y Actividad Física

Presentan:

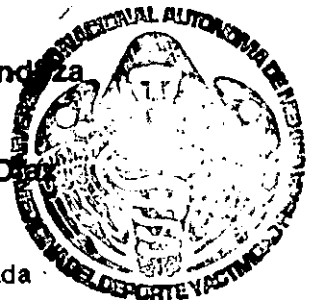
Dr. Héctor Aguilar Mendoza

y

Dr Sergio Granados Díaz

Asesor de tesis:

Dr. Eloy cárdenas Estrada



Cd. Universitaria, D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Monterrey, N.L. a 14 de Mayo de 2001

Dr. Luis Pérez Cazales
P r e s e n t e

Mediante la presente le informo que en esta fecha ha quedado liberada la tesis de posgrado, que con el título:

Comparación y análisis de la frecuencia cardiaca en ergometrías realizadas con bicicleta ergométrica y banda sinfin en un mismo grupo de deportistas

presentan el Dr. Héctor Aguilar Mendoza y el Dr. Sergio Granados Díaz, habiendo cumplido con las recomendaciones sugerencias hechas por los integrantes del jurado.

A t e n t a m e n t e

Dr. Med. Eloy Cárdenas Estrada.

A mis padres
por su apoyo incondicional

Héctor

A Guillermina, Adriana y Daniela
por ser las directrices en mi vida

Sergio

Reconocimiento

*Deseamos expresar nuestro agradecimiento y estimación al **Dr. Med. Eloy Cárdenas Estrada**, por su apoyo y dirección en nuestra formación como Médicos del Deporte*

Sergio y Héctor

INDICE

	Página	
1	Introducción	1
2	Antecedentes	3
3	Marco teórico	5
4	Justificación	10
5	Hipótesis	11
6	Material y métodos	12
6.1	Recursos humanos	12
6.2	Recursos materiales	12
6.3	Recursos financieros	13
6.4	Recursos metodológicos	13
7	Resultados	18
8	Análisis estadístico	25
8.1	Correlaciones simples	26
8.2	Correlaciones múltiples	28
8.3	Análisis de varianza	29
8.4	Gráficas de correlaciones de PWC	30
9	Discusión	34
10	Conclusiones	38
11	Glosario	40
12	Bibliografía	41

1 INTRODUCCION

La ergometría es un método de evaluación cualitativa y cuantitativa del organismo durante un esfuerzo físico dosificado. Así mediante este procedimiento, es posible estudiar en forma objetiva la respuesta de órganos como el corazón, pulmones, y de sistemas como el cardiovascular, respiratorio o sistema músculo esquelético, a un ejercicio físico.

La ergometría se realiza con dos indicaciones principales:

1. Valoración de respuesta patológica al esfuerzo físico
2. Valoración del trabajo o potencia física realizada

La valoración de respuesta patológica al esfuerzo físico es de gran importancia, ya que de esta manera es posible determinar si las cargas de trabajo de competencia, entrenamiento o simple ejercicio recreativo pueden tolerarse sin deteriorar el estado de salud del individuo.

La evaluación del resultado de la ergometría proporciona la base para dosificar las cargas de trabajo óptimas para mantener o incrementar la capacidad física, así como el trabajo o potencia a esperarse en una competición. Mediante ergometrías realizadas a la misma persona en períodos de tiempo regulares, por ejemplo cada tres o cuatro meses, es posible llevar a cabo en forma objetiva un seguimiento médico deportivo de la efectividad del entrenamiento que realiza el deportista.

Existen diferentes tipos de ergómetro para evaluar la capacidad física, tratando de reproducir lo mejor posible las diferentes actividades deportivas que se realizan en los lugares de entrenamiento y competencia, por ejemplo, banda sinfín, cicloergómetro, ergómetro de manivela, remoergómetro, kayak ergómetro, ergómetro para esquí, etc. Teóricamente es posible evaluar a deportistas de cualquier disciplina con cualquier tipo de ergómetro, pero lo ideal es hacerlo en aquel aparato que reproduzca mejor la actividad física que practica el atleta.

Las pruebas de esfuerzo son un método bien establecido en el tratamiento y rehabilitación de pacientes con enfermedades cardíacas. Este procedimiento es útil también en la evaluación de individuos sanos que pretenden iniciar actividades deportivas de tipo competitivo o recreativo, denominándose en este caso ergometría (ergos = energía, metros = medida), es decir la medición de la producción de energía o de la capacidad de trabajo físico de las personas.

Antiguamente para evaluar la capacidad de trabajo físico se realizaban pruebas de esfuerzo simples, como realizar las llamadas "sentadillas" o "lagartijas", así como otras pruebas a base de un cajón o banco de diversas medidas. Estas pruebas aunque tienen como ventaja el utilizar poca o ninguna instrumentación, poseen la gran desventaja de no permitir dosificar en forma adecuada las cargas de trabajo durante el esfuerzo físico, situación que puede originar errores en la evaluación y dificultar la dosificación de cargas de entrenamiento, además de que tienen mucha variabilidad y no satisfacen el rigor científico de reproducibilidad.

En este estudio se pretende conocer la relación que existe en el comportamiento de la frecuencia cardíaca entre ergometrías en banda sinfín y en cicloergómetro, así como determinar si es posible predecir los valores de resultados en cicloergómetro sobre la base de resultados en banda sinfín y viceversa.

2 ANTECEDENTES

La Forma más simple y más ampliamente usada de probar la capacidad funcional circulatoria consiste en determinar la frecuencia cardiaca durante el ejercicio, en aparatos como banda sinfín y cicloergómetro entre otros. Según la reacción de la frecuencia cardiaca se puede evaluar la capacidad circulatoria.

La banda sinfín apareció como elemento de trabajo en un laboratorio de fisiología, a partir de los trabajos publicados por A. V. Hill en 1924. En la siguiente década, Robinson utilizó la banda sinfín para estudios ergométricos en el humano, y en 1938 se publicó su trabajo, ahora clásico, postulando la adaptación física de acuerdo con la edad, usando una carga de esfuerzo simple. Cureton, en 1947, con carga única también observó similares resultados e indujo a la difusión de este procedimiento para conocer la capacidad de adaptación cardiaca a un esfuerzo dado según la edad⁷.

Durante la Segunda Guerra Mundial se desarrolló la prueba del escalón de Harvard, como una prueba de selección para elegir individuos según su aptitud física. La altura del escalón y la frecuencia de la subida fueron elegidas de tal modo que aproximadamente solo la tercera parte de los sujetos pudieran realizar la prueba por un periodo de 5 minutos. Se determinaba la frecuencia cardiaca durante la recuperación con respecto al ejercicio, estando el sujeto sentado sobre el escalón. Hubo también una versión con la cinta de la prueba de aptitud de Harvard (Johnson y Coles., 1942). Cuanto menor era el número de latidos durante la recuperación y cuanto más prolongado era el tiempo de trabajo, tanto más elevado resultaba el puntaje³.

Taylor, en 1955, sugiere la conveniencia de hacer mediciones del consumo de oxígeno en el humano con cargas progresivas de esfuerzo submáximo de 25%, 50%, 75% y 90% de la carga máxima esperada para la edad del individuo. Mitchel, en 1958, la considera ya como una prueba de capacidad, estandarizada para conocer el consumo de oxígeno; ambos autores proponen en sus esquemas cargas de trabajo de gran incremento progresivo pero intermitentes. En 1959, Balke la utiliza en individuos

de la fuerza aérea de los Estados Unidos con protocolos de esfuerzo de poco incremento, aunque en forma progresiva, continua, con velocidad fija y pendiente variable.

Astrand publicó en 1960 sus experiencias respecto a la capacidad aeróbica tanto en hombre como en mujeres considerando sus edades. En 1963, Bruce estableció un esquema de trabajo de cargas progresivas con velocidad y pendientes variables; en esa misma época, Margaria investigó el costo de energía que el humano necesita en el esfuerzo de la carrera. Tanto el protocolo de Bruce como los datos de Margaria y Cols. siguen siendo la base de multitud de modelos de investigación clínica, incluso para hacer correlaciones con el cicloergómetro⁷.

A partir de entonces, Wyndham en 1966, Kattus en 1967, Ellestad en 1969 y, en nuestro medio, Salazar y Alatríste, crearon sus propios protocolos de trabajo; estos dos últimos son de pendiente fija y velocidad variable. Se puede considerar que la difusión del procedimiento de la banda sinfín para investigación clínica se inició desde la época de Mitchell en 1958, pero es notable el incremento y entusiasmo que ocurrió en su uso desde los trabajos de Bruce en 1963. A fines de los sesenta, al estudio de la prueba de esfuerzo se le ha adjudicado valor diagnóstico y pronóstico. Robb en 1967 publicó un trabajo trascendental acerca del valor que en el diagnóstico y pronóstico de la enfermedad coronaria tenía el electrocardiograma postesfuerzo⁷.

En 1961 Astrand y Saltin estudiaron en deportistas los siguientes ejercicios: a) ejercicio en bicicleta ergométrica en posición sedente y b) posición supina, c) trabajo simultáneo de brazos y piernas en bicicletas ergométricas d) carrera en banda sinfín, e) esquí, f) natación y g) ejercicio con brazos en ergómetro de manivela. El consumo de oxígeno fue un pequeño porcentaje mayor en la carrera cuesta arriba que en ciclismo (a), ejercicio de brazos en manivela y bicicleta en forma simultánea, y esquí, eventos en los cuales se encontraron valores similares.

3 MARCO TEORICO

Las reacciones cardiovasculares al ejercicio dinámico son complejas, y los cambios que ocurren en la circulación causan un aumento notable en el aporte de oxígeno a los músculos funcionantes.

En un sujeto sedentario normal existe un incremento de 10 veces en el consumo de oxígeno desde el reposo hasta el ejercicio máximo¹. En un atleta bien entrenado, el incremento puede variar desde 15 a 20 veces el valor en condiciones de reposo^{1,11}.

Los diferentes factores que contribuyen al consumo de oxígeno se ilustran al modificar la ecuación de Fick: $VO_2 = HR \times SV \times (CaO_2 - CvO_2)$ donde VO_2 = consumo de oxígeno, HR = frecuencia cardiaca, SV = gasto sistólico, CaO_2 = contenido arterial de oxígeno y CvO_2 = contenido de oxígeno en la sangre venosa mezclada¹².

Con el ejercicio dinámico, la frecuencia cardiaca, gasto sistólico y contenido de oxígeno en arterias, aumentan de manera significativa conforme aumenta el ejercicio, mientras que el contenido de oxígeno en la sangre venosa mezclada disminuye considerablemente. El efecto global de la interacción de estas dos últimas variables, consiste en un incremento notable en la diferencia arteriovenosa de oxígeno.

El ejercicio causa un aumento rápido e importante de la frecuencia cardiaca. El aumento en esta corre paralelo al incremento en el consumo de oxígeno. Esto se demuestra al graficar los valores submáximos de la frecuencia cardiaca, expresados como porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima, contra los valores submáximos correspondientes del consumo de oxígeno, expresado como un porcentaje del consumo máximo de oxígeno⁸.

La frecuencia cardiaca muestra un incremento lineal a medida que aumenta el consumo de oxígeno o la carga de trabajo³.

La causa fundamental del incremento en la frecuencia cardiaca, es la estimulación del simpático, aunque parece ser que la inhibición del sistema parasimpático es otro factor que contribuye al aumento de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio.

La inhibición del parasimpático evidentemente desempeña un papel importante, sobre todo en atletas y sujetos entrenados, quienes presentan un grado importante de bradicardia en condiciones de reposo y, sin embargo, presentan respuestas máximas normales de la frecuencia cardiaca.

De las tres variables que contribuyen al consumo máximo de oxígeno (diferencia arteriovenosa de oxígeno, frecuencia cardiaca y gasto sistólico), el gasto cardiaco es el que menos aumenta en condiciones de ejercicio³.

La modalidad de ejercicio en diferentes posiciones también puede afectar las respuestas observadas. Al comparar el ejercicio en posición sedente realizado en una bicicleta con el efectuado en banda sinfín, la frecuencia cardiaca tiende a ser mayor y el gasto sistólico menor durante el ejercicio en bicicleta que durante el hecho en banda sinfín, al parecer debido a factores hemodinámicos^{9,15}.

En los ergómetros tipo manivela, donde el trabajo se realiza con los brazos, siendo relativamente poca la cantidad de masa muscular que se encuentra activa, a igual carga de trabajo habrá un mayor esfuerzo en las fibras musculares comparado con un trabajo realizado sobre la bicicleta ergométrica, donde el trabajo es realizado con la musculatura de los miembros inferiores.

Esto puede originar una respuesta diferente, por ejemplo en la frecuencia cardiaca o en el consumo de oxígeno, a igual carga de trabajo realizada con diferente cantidad de masa muscular.

En los estudios de laboratorio se han aplicado principalmente dos métodos para producir cargas estándar de trabajo: correr sobre la banda sinfín y trabajar sobre una

bicicleta ergométrica. La cuestión consiste en determinar si los dos tipos de trabajo físico mencionados dan o no la misma frecuencia cardiaca.

El ciclismo produce en promedio, un menor consumo de oxígeno, por lo menos en comparación con la carrera cuesta arriba. En ciertos estudios en que se utilizaron criterios objetivos para determinar si se había alcanzado el consumo máximo de oxígeno para el tipo de trabajo en cuestión, los valores para la carrera eran en promedio un 5 a un 8% mayores que para el ciclismo¹¹. Es probable que la frecuencia cardiaca muestre un comportamiento similar.

Durante la práctica del ciclismo el sujeto experimenta a menudo una sensación de fatiga local o de dolor en los muslos o las rodillas, que puede resultar molesto. Este malestar puede provocar la interrupción del trabajo físico antes de que se haya exigido al máximo a los órganos o sistemas que transportan oxígeno.

Cuando una persona corre sobre la banda sinfín resulta, por así decirlo una cuestión de todo o nada, el sujeto se ve obligado a seguir la velocidad de la cinta o a saltar hacia fuera. Sobre la bicicleta es posible seguir trabajando a un ritmo reducido en la mayor parte de los tipos de ergómetros de bicicleta³.

En condiciones normales, una prueba de potencia aeróbica máxima se inicia con cargas de trabajo de intensidad media y submáxima que sirven igualmente como una actividad de precalentamiento. Después se puede aumentar la carga de varias maneras:

1. Se puede elevar en forma inmediata a un nivel que según los estudios o cálculos previos represente la carga máxima prevista para el sujeto.
2. Se puede incrementar paso a paso con diversas cargas medias, submáximas y máximas, trabajando el sujeto de 5 a 6 minutos en cada etapa, con períodos de reposo o sin ellos entre cada una.
3. Se puede aumentar cada 2 a 3 minutos hasta llegar al agotamiento.

En general podemos decir que cualquier prueba de potencia aeróbica máxima debe reunir al menos los siguientes requisitos generales⁷:

1. El ejercicio debe comprender grandes grupos musculares
2. El trabajo físico debe ser medible y reproducible
3. Las condiciones de prueba deben ser tales que los resultados sean comparables.
4. La prueba debe ser tolerada por todos los individuos saludables
5. La eficiencia mecánica (habilidad) requerida para llevar a cabo la tarea debe ser tan uniforme como sea posible en la población que va a ser examinada.

Los protocolos de esfuerzo que más se usan incluyen una banda sinfín, probablemente debido a la facilidad de aplicación y familiaridad de los individuos con este tipo de ejercicio: caminar y correr.

Sin embargo, en muchos casos el cicloergómetro es el instrumento preferido para los estudios rutinarios de potencia física y adaptación al ejercicio. Entre las ventajas en comparación con la banda sinfín podemos mencionar las siguientes:

1. Una cicloergómetro operado con un freno mecánico es económico.
2. Es fácil de transportar de un lugar a otro.
3. No depende de la disponibilidad de energía eléctrica.
4. La magnitud de la potencia externa puede ser expresada con exactitud y puede reproducirse con un alto grado de precisión.
5. En el caso de la bicicleta ergométrica, dentro de ciertos límites, la eficiencia mecánica es independiente del peso corporal. Esto es debido a que el sujeto está sentado casi verticalmente sobre los pedales y el asiento se coloca a la suficiente altura para que la pierna esté casi completamente estirada cuando el pedal esté en su posición más baja.
6. Dado que el sujeto en una bicicleta ergométrica se ejercita en posición sedente, con el tórax relativamente inmóvil, es fácil obtener buenos trazos de electrocardiograma y llevar a cabo estudios con penetración de catéteres.

4 JUSTIFICACION

Dado que la carrera como ejercicio aeróbico (cíclico, continuo y con duración superior a tres minutos), está involucrada en muchos deportes como elemento necesario para el desarrollo de resistencia general aeróbica dinámica, y si bien lo ideal para dosificarla es la realización de una ergometría en banda sinfín, sería de utilidad poder predecir la correspondencia en velocidad de la misma con el ejercicio realizado en bicicleta ergométrica y viceversa, ya que en ocasiones solo se cuenta con uno u otro ergómetro.

Por este motivo y dado que la **UNAM** cuenta con adecuada infraestructura en Medicina del Deporte, así como con una gran población de deportistas entre sus equipos representativos, destacando el remo, se decidió utilizar una muestra de esta población para analizar la correlación entre resultados de ergometría con cicloergómetro y banda sinfín.

Si bien lo ideal para los remeros es evaluarlos en remoergómetro, tenemos como segunda opción el cicloergómetro por su gran correlación entre sí. Ahora bien, si como tercera opción ubicamos a la banda sin-fin, sería interesante conocer la correlación entre los dos últimos, ya que si solo contamos con la banda sinfín podremos inferir su equivalencia con el cicloergómetro, que como ya se mencionó tiene alta correlación con el remoergómetro.

5 HIPOTESIS

6.1 Existe correlación entre la PWC (capacidad de trabajo físico) sobre banda sinfin y el peso corporal para calcular en cicloergómetro.

6.2 Es posible a través de las variables PWC_{170} , PWC_{150} , PWC_{130} y PWC_{110} obtenidas en una banda sinfin, expresadas en km/h y el peso corporal, calcular las variables PWC_{170} , PWC_{150} , PWC_{130} y PWC_{110} expresadas en watt y correspondientes a un cicloergómetro.

6.3 Existe diferencia entre la frecuencia cardiaca máxima alcanzada en banda sinfin y la frecuencia cardiaca máxima alcanzada en cicloergómetro.

6 MATERIAL Y METODOS

6.1 Recursos humanos

18 Deportistas de Remo del equipo representativo de la UNAM

2 Residentes de Medicina del Deporte y Actividad Física de la UNAM

2 Enfermeras

1 Asesor de Tesis

6.2 Recursos Materiales

Una bascula de pie con estadímetro marca Torino modelo Persona

Una bicicleta ergométrica de freno electromecánico marca Quinton modelo Corival 400

Una banda sinfin programable marca Quinton modelo Q-65

Un electrocardiógrafo monocanal con monitor integrado marca Nihon Kohden modelo Lifescope

Un electrocardiógrafo monocanal Cardiofax

Una calculadora electrónica marca Casio modelo Fx-250

Una computadora marca BPM

Un esfigmomanómetro marca Adex

Un estetoscopio de doble campana marca Adex

Un estuche de diagnóstico marca Welch Allyn

Papel termosensible para electrocardiógrafo

Formas de interpretación de electrocardiograma de la Subdirección de Investigación y Medicina del Deporte, de la UNAM

Formas de historia clínica de la Subdirección de Investigación y Medicina del Deporte

Material de escritorio (hojas blancas, bolígrafos, lápices, etc.)

6.3 Recursos financieros

Los costos de todos los recursos materiales utilizados en esta investigación fueron cubiertos con presupuesto autorizado por la Subdirección de Investigación y Medicina del Deporte de la UNAM.

6.4 Recursos metodológicos

6.4.1 A todos los deportistas participantes en esta investigación se les realizó primero el diagnóstico del estado de salud, mediante historia clínica general y electrocardiograma en condiciones de reposo.

Las derivaciones incluidas en el electrocardiograma fueron DI, DII, DIII, AVR, AVL, AVF, V1, V2, V3, V4, V5 y V6, según la notación internacional.

6.4.2 Una vez obtenido el diagnóstico del estado de salud sano sin contraindicación para el ejercicio dosificado, se procedió a la realización de las ergometrías.

A cada uno de los atletas se le realizaron 2 ergometrías, una en banda sinfin y una en cicloergómetro, con un intervalo de tiempo entre cada ergometría de 48 h.

Por selección aleatoria se eligió para cada deportista el orden de sus ergometrías, primero en banda y después en cicloergómetro o viceversa. Para ello se introdujeron en una urna los nombres de cada deportista escritos en dos piezas de papel, cada uno con la leyenda al lado de banda o cicloergómetro, y según se fueron extrayendo se realizaron las ergometrías, el que salió primero con la leyenda banda la realizó en esta y 48 horas después en cicloergómetro, y viceversa.

Para las ergometrías en banda sinfin se utilizó un protocolo discontinuo, incrementado, escalonado de inclinación fija y velocidad variable, descrito a continuación:

Etapas de 3 minutos de duración cada una

Velocidad de inicio de 6 km/h con 1° de inclinación

Los incrementos de velocidad fueron de 2 km/h en cada etapa (6 km/h, 8 km/h, 10 km/h, 12 km/h... etc.)

La inclinación siempre se mantuvo en 1°

Criterios para la finalización de la ergometría en banda sinfin:

Alcanzar la frecuencia cardiaca máxima para cada atleta, calculada como 220 menos la edad

Fatiga local o general manifestada por el atleta

Presencia de síntoma(s) o signo(s) de alteración médica

Presencia de algún dato sugestivo de alteración cardiovascular detectado en el registro electrocardiográfico o de tensión arterial

A solicitud voluntaria del atleta

Una vez finalizada la última etapa de ejercicio de la ergometría según los criterios mencionados, se procedió a continuar con la etapa de recuperación, en la cual se tomó registro electrocardiográfico y tensión arterial a los minutos 1, 3 y 5.

Durante los primeros 3 minutos de recuperación se continuó caminando a una velocidad de 4 km/h. Al finalizar el tercer minuto los atletas continuaron en posición erecta estática otros dos minutos, completándose así los 5 minutos de recuperación.

Para las ergometrías sobre cicloergómetro se utilizó también un protocolo discontinuo, incrementado, escalonado, administrándose las cargas de trabajo mediante dosificación en watts de la siguiente manera:

Etapas de 3 minutos cada una

La carga de trabajo inicial fue de 50 watts

La carga de trabajo se incrementó 50 watts en cada etapa

Se utilizó una frecuencia de pedaleo de 60 rpm

Los criterios para la finalización de la ergometría sobre cicloergómetro fueron los siguientes:

Alcanzar la frecuencia cardíaca máxima para cada atleta, calculada como 210 menos la edad

Fatiga local o general manifestada por el atleta

Presencia de síntoma(s) o signo(s) de alteración médica

Presencia de algún dato sugestivo de alteración cardiovascular detectado en el registro electrocardiográfico o de tensión arterial

A solicitud voluntaria del atleta

Una vez finalizada la última etapa de ejercicio de la ergometría según los criterios mencionados, se procedió a continuar con la etapa de recuperación, en la cual se tomó registro de electrocardiográfico y tensión arterial a los minutos 1, 3 y 5.

Durante los primeros 3 minutos de recuperación se continuó pedaleando a una potencia de 25 watts. Al finalizar el tercer minuto los atletas continuaron en posición sedente sobre el ciclo ergómetro otros dos minutos, completándose así los 5 minutos de recuperación y finalizando la ergometría.

Dado que los protocolos utilizados fueron de tipo discontinuo, al finalizar cada etapa (cada 3 minutos), el ejercicio fue interrumpido durante 15 a 20 segundos para realizar el registro electrocardiográfico y de tensión arterial. El registro electrocardiográfico llevó prioridad sobre el de la tensión arterial.

6.4.3 En los trazos electrocardiográficos se midieron las frecuencias cardíacas desde la etapa de reposo hasta la máxima etapa de ejercicio y la recuperación.

6.4.4 Se calculó la potencia absoluta y relativa al peso corporal, en watts para el cicloergómetro, a las frecuencias cardíacas 110, 130, 150 y 170 latidos por minuto: PWC_{110} , PWC_{130} , PWC_{150} y PWC_{170} .

6.4.5 Se calculó la PWC, a las frecuencias cardíacas 110, 130, 150 y 170 latidos por minuto, en en km/l para la banda sinfin: PWC_{110} , PWC_{130} , PWC_{150} y PWC_{170} .

Los cálculos de 7.4.5 y 7.4.6 se realizaron mediante interpolación de los valores de las frecuencias cardíacas inmediatamente superior e inferior a 110, 130, 150 y 170 latidos por minuto.

6.4.6 Una vez calculadas estas variables, se calcularon su media aritmética y desviación estándar.

6.4.7 Se calcularon además media aritmética y desviación estándar para las demás variables numéricas, tanto en banda sinfin como en cicloergómetro.

6.4.8 Se graficó el incremento de la frecuencia cardiaca, presión arterial sistólica y presión arterial diastólica contra el incremento de la velocidad (km/h) en la banda sin-fin y de trabajo físico (watts) en el cicloergómetro.

6.4.9 Se realizaron correlaciones simples, correlaciones múltiples y análisis de varianza entre las siguientes variables:

6.4.9.1 Correlaciones simples

6.4.9.1.1 PWC 170 en km/h vs PWC 170 en watts (valores absolutos)

6.4.9.1.2 PWC 150 en km/h vs PWC 150 en watts (valores absolutos)

6.4.9.1.3 PWC 130 en km/h vs PWC 130 en watts (valores absolutos)

6.4.9.1.4 PWC 110 en km/h vs PWC 110 en watts (valores absolutos)

6.4.9.2 Correlaciones múltiples

6.4.9.2.1 PWC 170 en watts VS Peso corporal y PWC 170 en km/h

6.4.9.2.2 PWC 150 en watts VS Peso corporal y PWC 150 en km/h

6.4.9.2.3 PWC 130 en watts VS Peso corporal y PWC 130 en km/h

6.4.9.2.4 PWC 110 en watts VS Peso corporal y PWC 110 en km/h

6.4.9.3 Análisis de varianza

6.4.9.3.1 Frecuencia cardíaca máxima sobre banda sinfin vs. Frecuencia cardíaca máxima sobre cicloergómetro

7 RESULTADOS

La muestra se compuso de 18 atletas universitarios del sexo masculino practicantes de remo en forma organizada y pertenecientes al equipo representativo de Universidad Nacional Autónoma de México con las siguientes características.

	Media aritmética \bar{x}	Desviación estándar \pm
Edad [años]	18.07	2.74
Estatura [cm]	170.97	6.41
Peso [kg]	63.17	6.97
Años de entrenamiento	2.32	1.98
Horas por semana	11.67	1.50

n = 18

Tabla 1 Edad, estatura, peso, horas por semana y años de entrenamiento

El grupo de estudio fue una muestra de deportistas jóvenes de sexo masculino, con edad promedio de 18 años, estatura 170.97 cm, peso 63.17 kg, 2.32 años de entrenamiento y 11.67 horas de entrenamiento por semana.

En ninguno de ellos se encontró proceso patológico alguno o contraindicación al ejercicio físico dosificado. Estos deportistas pertenecían a la categoría de remo peso ligero, donde los integrantes de un bote no deben rebasar los 72 kg en promedio.

El remo de competencia se divide primeramente en 2 especialidades, remo corto: donde cada deportista lleva 2 remos, uno en cada mano; remo largo: donde cada deportista lleva solo un remo, y según su posición en el bote puede ser del lado derecho o izquierdo.

Los tipos de bote en remo corto son: skiff (1 remero), doble y cuádruple. Los tipos de bote en remo largo son: dos con timonel (2+), dos sin timonel (2-), cuatro con timonel (4+), cuatro sin timonel (4-) y ocho. Este último bote siempre es con timonel, por lo que solo se denomina ocho.

Etapa de ergometría Velocidad. [km/h]	Tensión Arterial	
	Media aritmética \bar{x}	Desviación estándar \pm
0	117/76	13/9
6	140/82	21/11
8	149/74	19/15
10	153/65	23/14
12	153/63	21/14
14	153/56	18/12
16	162/63	15/11
18	146/71	7/17
20	120/50	0/0
Recuperación min 1	146/64	20/14
Recuperación min 3	112/71	14/14
Recuperación min 5	061/74	15/15

n = 18

Tabla 2 Media aritmética y desviación estándar de la tensión arterial durante las diferentes etapas de la ergometría en banda sinfín.

Etapa de ergometría Potencia [watts]	Tensión Arterial	
	Media aritmética \bar{x}	Desviación estándar \pm
0	117/74	9/11
50	125/74	12/15
100	138/69	8/13
150	151/66	14/13
200	156/58	20/17
250	166/57	18/13
300	152/46	11/7
Recuperación min 1	151/57	16/17
Recuperación min 3	138/61	18/13
Recuperación min 5	121/65	17/11

n = 18

Tabla 3 Media aritmética y desviación estándar de la tensión arterial durante las diferentes etapas de la ergometría en cicloergómetro.

Etapa de ergometría. Velocidad [km/h]	Frecuencia Cardíaca		Coeficiente de variación (s / \bar{x})*100
	Media aritmética \bar{x}	Desviación estándar \pm	
0	73.89	7.56	10.2314
6	106.94	10.17	9.51
8	132.39	14.46	10.92
10	149.72	13.02	8.70
12	167.17	10.72	6.41
14	176.63	8.97	5.08
16	182.31	8.45	4.63
18	188.00	9.24	4.91
20	194.00	0.0	0.00
Recuperación min 1	136.17	16.54	12.15
Recuperación min 3	112	13.98	12.48
Recuperación min 5	106.06	14.50	13.67

n = 18

Tabla 4 Media aritmética y desviación estándar de la frecuencia cardíaca durante las diferentes etapas de la ergometría en banda sinfin.

Etapa de ergometría. Potencia [watts]	Frecuencia Cardíaca		Coeficiente de Variación (s / \bar{x})*100
	Media aritmética \bar{x}	Desviación estándar \pm	
0	70.61	12.51	17.72
50	91.89	11.72	12.75
100	116.94	13.27	11.35
150	141.11	15.61	11.06
200	164.61	13.80	8.38
250	178.07	11.18	6.28
300	182.25	9.46	5.19
Recuperación min 1	141.61	15.01	10.60
Recuperación min 3	120.94	14.25	11.78
Recuperación min 5	100.44	13.04	12.98

n = 18

Tabla 5 Media aritmética y desviación estándar de la frecuencia cardíaca durante las diferentes etapas de la ergometría en cicloergómetro.

PWC	Banda sinfin [km/h]		C.V. (s/ \bar{x})100	Cicloergómetro [watt]		C.V. (s/ \bar{x})100
	\bar{x}	\pm		\bar{x}	\pm	
110	6.26	0.49	7.83	88.16	24.39	27.67
130	8.01	1.16	14.48	129.21	28.06	21.72
150	9.92	1.30	13.10	168.70	30.30	17.96
170	12.63	1.64	12.98	218.25	40.39	18.51

n = 18

Tabla 6 Media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación de las PWC₁₁₀, PWC₁₃₀, PWC₁₅₀ y PWC₁₇₀ en velocidad (km/h) y en potencia (watts) durante las ergometrías en banda sinfin y en cicloergómetro respectivamente.

En la tabla 6, observamos la comparación de media aritmética y desviación estándar de las PWC (Capacidad de trabajo físico o Physical Work Capacity por sus siglas en inglés) a través de los coeficientes de variación.

Aparentemente existe una mayor dispersión en los valores de cicloergómetro, pero cabe hacer notar que en cicloergómetro los valores son mayores que en banda sinfin, pues son watts y alcanzan magnitudes de 88.16 ± 24.39 a 218.25 ± 40.39 , mientras que los valores de las pruebas en banda van del orden de 6.26 ± 0.49 a 12.63 ± 1.64 km/h, por lo que la comparación directa de esta manera no es adecuada, pues son diferentes unidades de medición del trabajo físico.

Este hecho explica en parte las diferencias en los coeficientes de variación, por lo que sería interesante homologar los resultados a través de una variable común a ambos métodos como el consumo de oxígeno relativo al peso y comparar los coeficientes de variación a frecuencias cardíacas similares.

En las tablas 4 y 5, por ejemplo, tenemos la media aritmética y desviación estándar de la frecuencia cardíaca en las diferentes etapas de cada método de evaluación, siendo para la prueba en banda 9 etapas incluyendo la de reposo y para el cicloergómetro 7. Si bien tampoco es la comparación ideal, independientemente de que son diferentes las frecuencias cardíacas y cargas de trabajo para cada etapa en los 2 métodos, podemos observar que son ligeramente menores los coeficientes de variación en la banda sinfin que en la bicicleta ergométrica, al menos durante el ejercicio.

Peso kg	0	6	8	10	12	14	16	18	PWC	PWC	PWC	PWC	Máxima	
	km/h FC lpm	km/h FC lpm	km/h FC lpm	km/h FC lpm	km/h FC lpm	km/h FC lpm	km/h FC lpm	km/h FC lpm	110 vel km/h	130 vel km/h	150 vel km/h	170 vel km/h	vel Km/h	FC lpm
60.9	73	111	141	165	175	180			6.0	7.3	8.8	11.0	14.0	180.0
49	77	107	149	152	169	180	196		6.1	7.1	8.7	12.2	16.0	196.0
61.8	74	117	140	155	175	185			5.9	7.1	9.3	11.5	14.0	185.0
55.5	67	112	138	155	166	175	187		6.0	7.4	9.6	12.9	16.0	187.0
62.8	75	102	128	150	178	190			6.6	8.2	10.0	11.4	14.0	190.0
53.5	80	109	139	159	171	185			6.1	7.4	9.1	11.8	14.0	185.0
67.6	63	110	140	159	173	182			6.0	7.3	9.1	11.6	14.0	182.0
54.8	87	111	139	161	175	181			6.0	7.4	9.0	11.3	14.0	181.0
62.5	76	105	114	144	157	171	180	194	7.1	9.1	10.9	13.9	18.0	194.0
67.2	68	110	130	153	165	178	185	196	6.0	8.0	9.7	12.8	18.0	196.0
64.5	76	120	157	175	190				5.8	6.5	7.6	9.4	12.0	190.0
61.9	73	98	126	141	153	161	173	180	6.9	8.5	11.5	15.5	18.0	180.0
64.9	65	85	123	136	155	167	173		7.3	9.1	11.5	15.0	16.0	173.0
78	72	85	122	151	171				7.4	8.6	9.9	11.9	12.0	171.0
70	80	99	144	150	169	180			6.5	7.4	10.0	12.2	14.0	180.0
63	84	114	144	155	178	185	196		5.9	7.1	9.1	11.3	16.0	196.0
68.1	82	120	147	159	169	182	189		5.8	6.7	8.5	12.2	16.0	189.0
71	58	104	129	148	161	173	179		6.5	8.1	10.3	13.5	16.0	179.0
63.17	73.89	106.61	136.11	153.78	169.44	178.44	184.22	190.00	6.33	7.68	9.59	12.30	15.11	185.22
6.97	7.56	10.04	10.94	8.95	9.13	7.46	8.70	8.72	0.53	0.77	1.02	1.47	1.84	7.63

Tabla 7

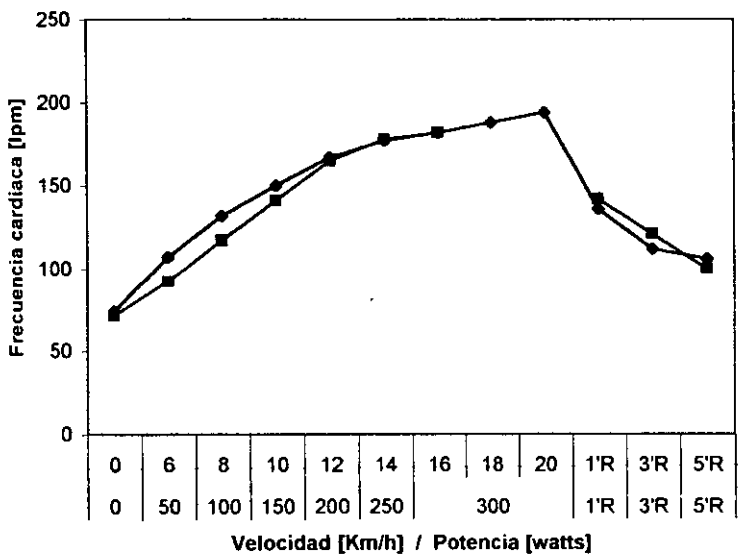
Resultados individuales de las ergometrías en banda sinfín, media aritmética y desviación estándar de la frecuencia cardiaca en cada etapa y, media aritmética y desviación estándar del calculo de la velocidad a PWC110, PWC130, PWC150, PWC170 y frecuencia cardiaca máxima.

Peso kg	0	50	100	150	200	250	300	PWC	PWC	PWC	PWC	Máxima		
	watt lpm	watt Lpm	watt lpm	watt lpm	watt lpm	watt Lpm	watt lpm	110 watt abs	130 watt abs	150 watt abs	170 watt abs	Watt Abs	FC Lpm	
60.9	72	88	107	117	148	173		115	171	204	244	250	173	
49	97	110	134	163	185			50	92	128	166	200	185	
61.8	68	75	103	132	162			112	147	180	213	200	162	
55.5	87	113	141	163	186			49	80	120	165	200	186	
62.8	71	92	120	145	171	193		82	120	160	198	250	193	
53.5	65	100	128	157	178			68	103	138	181	200	178	
67.6	58	81	109	136	163	187		102	139	176	215	250	187	
54.8	87	90	125	148	172			79	111	154	196	200	172	
62.5	69	85	102	124	157	173		118	159	189	241	250	173	
67.2	77	107	123	138	159	178	190	59	123	179	229	300	190	
64.5	75	101	142	167	187	200		61	85	116	158	250	200	
61.9	72	91	115	142	158	171		90	128	175	246	250	171	
64.9	53	84	99	129	152	167		118	152	196	260	250	167	
78	63	89	107	122	144	167		110	168	213	257	250	167	
70	58	87	113	137	158	176	188	94	135	181	233	300	188	
63	84	104	123	161	179	193		66	109	136	175	250	193	
61.8	65	86	109	132	155	172	182	102	146	189	244	300	182	
71	50	71	105	127	149	163	169	111	157	204	308	300	169	
\bar{x}	62.82	70.61	91.89	116.94	141.11	164.61	177.92	182.25	88.11	129.17	168.78	218.28	247.22	179.78
s	6.86	12.51	11.72	13.27	15.61	13.80	11.62	9.46	24.36	28.15	30.30	40.32	36.27	10.97

Tabla 8

Resultados individuales de las ergometrías en cicloergómetro, media aritmética y desviación estándar de la frecuencia cardiaca en cada etapa y, media aritmética y desviación estándar del calculo de los watts a PWC₁₁₀, PWC₁₃₀, PWC₁₅₀, PWC₁₇₀ y frecuencia cardiaca máxima.

Frecuencia cardiaca durante las ergometrias en banda sinfín y cicloergómetro



8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1 CORRELACIONES SIMPLES

1.1 PWC 170 en km/h vs PWC 170 en watts (valores absolutos)

	\bar{x}	\pm	n
WC 170 km/h	12.628	1.636	18
WC 170 watt	218.247	40.386	18
M = 134.573	GL = 35	GL2 = 0	

ecuación de regresión: $Y = 67.27135 + 11.95577 * X$
 $X = 8.34552 + 0.01962 * Y$
 $S Y . X = 36.420$ $S X . Y = 1.475$

$R = 0.4843$ $r * r = 23\%$
 $Tr = 2.214$

Probabilidad de error: $p = 0.039619$ **Significante !**
 GL = 16 n = 18

-Test datos pareados:

$t = -22.019$	GL = 17	n = 18
probabilidad de error	$p = 0.000001$	significante !

1.2 PWC 150 en km/h vs PWC 150 en watts (valores absolutos)

	\bar{x}	\pm	n
WC 150 km/h	9.922	1.297	18
WC 150 watt	168.696	30.296	18
M = 119.843	GL = 35	GL2 = 0	

ecuación de regresión: $Y = 70.64778 + 9.88221 * X$
 $X = 6.86404 + 0.01813 * Y$
 $S Y X = 28.294$ $S X . Y = 1.212$

$r = 0.4232$ $r * r = 18 \%$
 $Tr = 1.868$

probabilidad de error: $p = 0.077151$ **No significativo !**
 GL = 16 n = 18

-Test datos pareados:

$t = -22.627$	GL = 17	N = 18
probabilidad de error:	$p = 0.000001$	significante !

8.1.3 PWC 130 en km/h vs PWC 130 en watts (valores absolutos)

	\bar{x}	\pm	n
PWC 130 km/h	8.007	1.158	18
PWC 130 watt	129.210	28.063	18
TM = 95.126	GL = 35	GL2 = 0	

Ecuación de regresión:	Y=	53.05119	+	9.51146 *X
	X=	5.91480	+	0.01619 *Y
	S Y . X=	26.606		S X . Y = 1.098

r = 0.3924	r * r = 15 %		
Tr = 1.707		GL = 16	N = 18
probabilidad de error:		p= 0.104041	no significativo !

T-Test datos pareados:

T = -18.611	GL = 17	n = 18
probabilidad de error	p = 0.000001	significante !

8.1.4 PWC 110 en km/h vs PWC 110 en watts (valores absolutos)

	\bar{x}	\pm	n
PWC 110 km/h	6.262	0.486	18
PWC 110 watt	88.158	24.391	18
TM = 69.662	GL = 35	GL2 = 0	

Ecuación de regresión:	Y=	-28.88020	+	18.69122 *X
	X=	5.60706	+	0.00743 *Y
	S Y . X=	23.332		S X . Y = 0.465

r = 0.3725	R * r = 14 %		
Tr = 1.606		GL = 16	n = 18
probabilidad de error:		p= 0.124732	no significativo !

T-Test en datos pareados

T = -14.349	GL = 17	N = 18
Probabilidad de error	P = 0.000001	significante !

8.2 CORRELACIONES MULTIPLES

8.2.1 PWC170 km/h y peso corporal kg vs PWC170 watt

$$\begin{aligned}\text{Vector (Y)} &= \text{PWC 170 Watt} = -168.7699 + \\ \text{Vector (X 1)} &= \text{Peso corporal Kg} * 3.7676 \\ \text{Vector (X 2)} &= \text{PWC 170 Km/h} * 11.8017\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Coeficiente de correlación } R &= 0.8106 & R^2 R &= 66\% & s \text{ +/-} &= 25.1792 \\ F &= 14.367 & f 1 &= 2 & f 2 &= 15 & n &= 18\end{aligned}$$

8.2.2 PWC150 km/h y peso corporal kg vs PWC150 watt

$$\begin{aligned}\text{Vector (Y)} &= \text{PWC 150 Watt} = -84.7983 + \\ \text{Vector (X 1)} &= \text{Peso corporal Kg} * 2.7528 \\ \text{Vector (X 2)} &= \text{PWC 150 Km/h} * 8.0239\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Coeficiente de correlación } R &= 0.7573 & R^2 R &= 57\% & s \text{ +/-} &= 21.0624 \\ F &= 10.087 & f 1 &= 2 & f 2 &= 15 & n &= 18\end{aligned}$$

8.2.3 PWC130 km/h y peso corporal kg vs PWC130 watt

$$\begin{aligned}\text{Vector (Y)} &= \text{PWC 130 Watt} = -83.6025 + \\ \text{Vector (X 1)} &= \text{Peso corporal Kg} * 2.3847 \\ \text{Vector (X 2)} &= \text{PWC 130 Km/h} * 7.7654\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Coeficiente de correlación } R &= 0.7067 & R^2 R &= 50\% & s \text{ +/-} &= 21.1386 \\ F &= 7.481 & f 1 &= 2 & f 2 &= 15 & n &= 18\end{aligned}$$

8.2.4 PWC110 Km/h y peso corporal vs PWC170 watt

Vector (Y) =	PWC 110 Watt =	-69.3437 +
Vector (X 1) =	Peso corporal Kg *	1.6648
Vector (X 2) =	PWC 110 Km/h *	8.3587

Coeficiente de correlación $R = 0.5679$ $R^2 = 32\%$ $s_{+/-} = 21.3724$
 $F = 3.571$ $f_1 =$ $f_2 =$ $n = 9$

8.3 ANALISIS DE VARIANZA.

8.3.1 Frecuencia cardiaca máxima sobre banda sinfin vs frecuencia cardiaca máxima sobre cicloergómetro

Media $\bar{x}_1 =$	185.22	Media $\bar{x}_2 =$	179.44
Desv. estándar $s_1 =$	7.63	Desv. estándar $s_2 =$	10.86
N de muestra $n_1 =$	18	n de muestra $n_2 =$	18

F test para variancias:

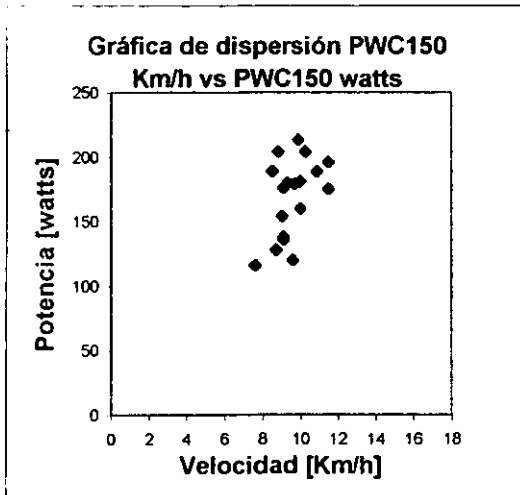
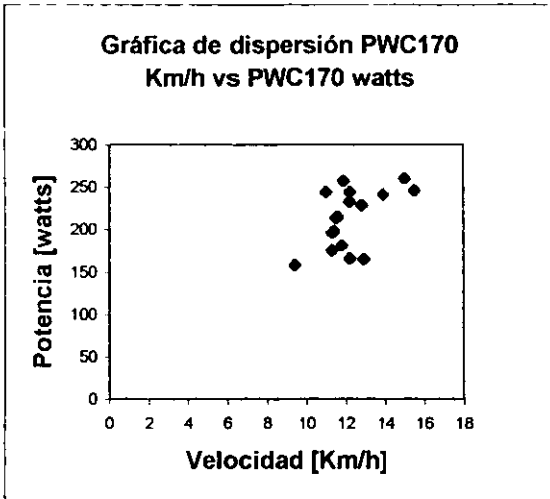
Probabilidad de error: $P = 0.071778$ **No significativo**

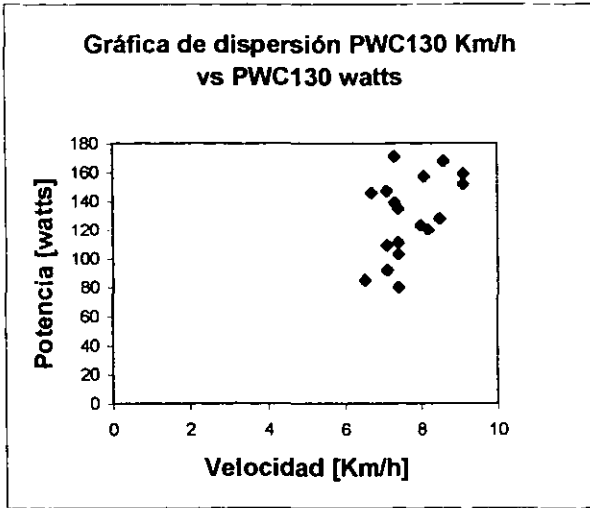
T test con Variancias iguales:

Probabilidad de error: $P = 0.070061$ **No significativo**

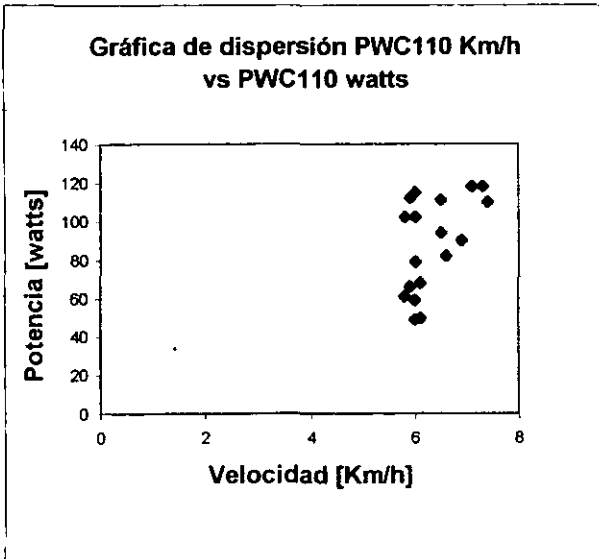
$t = 1.848$ $GL = 34$

8.4 GRAFICAS DE CORRELACIONES DE PWC

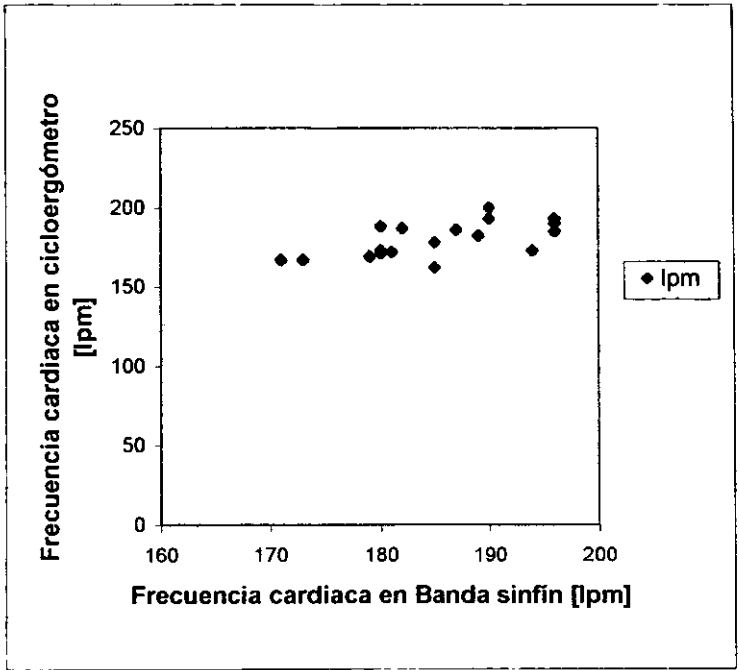




$r = 0.392$
 $r^2 = 15\%$
 $n = 18$



$r = 0.3725$
 $r^2 = 14\%$
 $n = 18$



Gráfica de dispersión, frecuencia cardiaca máxima en Banda sinfin
 VS
 frecuencia cardiaca máxima en Bicicleta ergométrica

9 DISCUSION

Este estudio se realizó con el fin de probar la relación mutua o grado de afinidad, así como el valor de predicción que existe en una misma persona o grupo de personas entre las ergometrías en banda sinfín y en cicloergómetro, lo cual aseguramos con las pruebas de correlación simple y múltiple entre variables.

Como podemos observar en el sometimiento estadístico de datos, los coeficientes de correlación lineal de Pearson fueron débiles al hacer el análisis bivariado de la capacidad física al trabajo (PWC) de banda sinfín contra la PWC de cicloergómetro, siendo PWC_{170} 0.4843, PWC_{150} 0.4232, PWC_{130} 0.3924 y PWC_{110} 0.3725.

Encontramos que la correlación mayor es la de PWC_{170} con $r = 0.4843$ y su análisis de regresión nos indica una r al cuadrado de 23 por ciento, valor muy bajo para tener utilidad práctica.

Las correlaciones lineales múltiples (CLM) utilizadas en este estudio, calculan una variable (Y) a partir de 2 (X_1 y X_2), con la siguiente ecuación:

$Y = (f) + (g \cdot X_1) + (h \cdot X_2)$ donde Y es la variable a calcular, f es el coeficiente de intersección, g y h son los coeficientes de elevación de las variables predictivas respectivamente.

Al agregar la variable "Peso corporal" expresada en Kilogramos, llevamos a cabo un análisis de correlación lineal múltiple, encontrando coeficientes de correlación con valor significativo y utilidad práctica.

La CLM, para determinar $Y = PWC_{170}$ en watts que se obtuvo en la bicicleta ergométrica, a partir de las variables $X_1 =$ Peso corporal expresado en Kilogramos y $X_2 = PWC_{170}$ obtenida sobre la banda sinfín y expresada en Km/h, fue de $R = 0.811$, con una R al cuadrado de 66%. Mediante el análisis de regresión encontramos que:

PWC_{170} en watts (Y) = $-168.7699(f) + 3.7676(g) \cdot \text{Peso corporal} + 11.8017(h) \cdot PWC_{170}$ en Km/h.

Ejemplo: Para calcular cuantos watts de potencia desarrollaría una persona de 63 Kg de peso corporal (X_1) y que sobre la banda sinfín hubiera alcanzado una PWC de 12.63 Km/h (X_2), realizamos la siguiente ecuación:

La CLM, para determinar $Y = PWC_{130}$ en watts que se obtuvo en la bicicleta ergométrica, a partir de las variables $X_1 =$ Peso corporal expresado en Kilogramos y $X_2 = PWC_{130}$ obtenida sobre la banda sinfín y expresada en Km/h, fue de $R = 0.7067$, con una R al cuadrado de 50%. Mediante el análisis de regresión encontramos que:
 PWC_{130} en watts (Y) = $-83.6025(f) + 2.3847(g) * \text{Peso corporal} + 7.7654(h) * PWC_{130}$ en Km/h.

El coeficiente R al cuadrado nos expresa que un 50% de las varianzas se definen a través de la ecuación $Y = (f) + (g * X_1) + (h * X_2)$

La CLM, para determinar $Y = PWC_{110}$ en watts que se obtuvo en la bicicleta ergométrica, a partir de las variables $X_1 =$ Peso corporal expresado en Kilogramos y $X_2 = PWC_{110}$ obtenida sobre la banda sinfín y expresada en Km/h, fue de $R = 0.5679$, con una R al cuadrado de 32%. Mediante el análisis de regresión encontramos que:
 PWC_{110} en watts (Y) = $-69.3437(f) + 1.6648(g) * \text{Peso corporal} + 8.3587(h) * PWC_{110}$ en Km/h.

El coeficiente R al cuadrado nos expresa que un 32% de las varianzas se definen a través de la ecuación $Y = (f) + (g * X_1) + (h * X_2)$

En el análisis de varianza realizado comparando la media aritmética de frecuencia cardíaca máxima en banda sinfín contra la media aritmética de frecuencia cardíaca máxima en cicloergómetro, para determinar si hubo diferencia, la Prueba t de Student fue no significativa, por lo que:

$$H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$$

$$H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$$

Se rechaza entonces la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula que indica que en este estudio no existe diferencia estadísticamente significativa entre las dos medias de la frecuencia cardíaca máxima. Esto no significa que no pueda existir diferencia, lo que sucede es que no hay evidencia suficiente para afirmar categóricamente lo contrario. Es decir ambas pruebas conducen a una frecuencia cardíaca máxima semejante, la diferencia que hace el empleo de diferente musculatura, miembros inferiores en ambos aparatos y utilización de brazos solo en la banda sinfín,

no es suficiente como para producir una diferencia estadísticamente significativa, según los resultados de este estudio.

10 CONCLUSIONES

Se realizó este estudio con la finalidad de determinar el grado de afinidad entre las variables PWC_{170} , PWC_{150} , PWC_{130} Y PWC_{110} obtenidas en ergometrías en banda sinfín y las correspondientes obtenidas en bicicleta ergométrica en deportistas de remo.

Para ello se realizaron correlaciones lineales simples y múltiples.

Se encontró que no hay significación estadística en correlaciones lineales simples, solo en las múltiples, es decir cuando se agregaba una segunda variable independiente, que en este caso fue el peso. Parece ser que en este caso entre los dos tipos de ejercicio en cuestión, el peso juega un papel muy importante, pues en el caso de la bicicleta esta sostiene el peso del cuerpo por lo que se elimina prácticamente la fuerza de gravedad, y en el caso de la banda sinfín, durante la carrera la persona esta desplazando su masa corporal a determinada velocidad, lo cual implica diferencias biomecánicas y hemodinámicas importantes, que deben influir seguramente en los resultados.

De las correlaciones múltiples, parece ser que a mayor frecuencia cardiaca hay mayor afinidad, según lo indican los coeficientes de las variables analizadas, siendo la PWC_{170} la más alta, habiéndose obtenido las constantes para que junto con la utilización de dos variables independientes, PWC_{170} en Km/h y peso corporal en Kg, poder predecir la PWC_{170} en watt para cicloergómetro.

Este hecho es importante pues de esta manera permite un diagnóstico y dosificación de ejercicio en bicicleta cuando se realiza la evaluación en banda sinfín, situación de utilidad por ejemplo en deportistas de triatlón, pues con una evaluación en banda se posibilita dosificar entrenamiento en carrera y ejercicio de ciclismo.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las frecuencias cardíacas máximas de ambos métodos estudiados.

Fueron satisfechas satisfactoriamente las hipótesis de trabajo 6.1, y 6.2, por lo que se aceptan.

No fue satisfecha satisfactoriamente la hipótesis de trabajo 6.3, por lo que se rechaza.

Sería interesante realizar más estudios similares que incluyan otras disciplinas deportivas y de ser posible con medición directa del consumo de oxígeno, para poder hacer más comparaciones homologando las variables de comparación.

Además sería de utilidad e importancia, mediante un esquema de estudio similar, analizar comparativamente el ejercicio de bicicleta y/o carrera contra el ejercicio de natación y ver si existe alguna correlación.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

11 GLOSARIO

abs:	Se refiere a la potencia absoluto en watts
C. V.:	Coefficiente de variación.
FC:	Frecuencia cardiaca.
lpm:	Latidos por minuto en la frecuencia cardiaca.
n:	Tamaño de la muestra de estudio.
PWC:	Physical Work Capacity, Capacidad de Trabajo Físico.
r^2 :	Coefficiente de correlación lineal de Pearson al cuadrado
r:	Coefficiente de correlación lineal de Pearson.
s:	Desviación estándar.
t:	Prueba t de Student
vel:	Velocidad.
\bar{x} :	Media aritmética.

12 BIBLIOGRAFIA

1. **Astrand, P. O., Saltin, Bengt.** Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.* 16 (6): 977-981. 1961.
2. **Astrand, P.O., Cuddy T.E., Saltin B., et al:** Cardiac output during submaximal and maximal work. *J. Appl. Physiol.*, 9:268-274, 1964.
3. **Astrand, P.O., Rodahl, K.,** Fisiología del trabajo físico. Editorial Médica Panamericana, 2ª. Edición, 1986.
4. **Baladay, Gary J.,Weiner, Donald A.,** *Pruebas de esfuerzo para deportes y prescripción de ejercicio.* Clínicas Cardiológicas de Norteamérica. Vol. 2, Ejercicio y el corazón, 1987.
5. **Elorza Haroldo:** Estadística para ciencias del comportamiento. Editorial Harla, 1987.
6. **Faulkner, John A., Donald E. Roberts, Robert L. Elk, and James F. Conway:** Cardiovascular responses to submaximum and maximum effort cycling and running. *J. Appl. Physiol.* 30(4): 457-461. 1971.
7. **Férez S., Sergio, Shapiro R., Mario,** Adaptación cardiovascular a la prueba de esfuerzo. Ed. Salvat 1981.
8. **Hellerstein HK, Ader R:** Relationship between percent maximal oxygen uptake and percent maximal heart rate in normal and cardiacs. *Circulation*, 43 (suppl II): 76, 1971.
9. **Hermansen L, Ekblom B, Saltin B:** Cardiac output during submaximal and maximal treadmill and bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.*, 29:82, 1970.
10. **Hossack KF, Bruce RA:** Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: comparison of age-related changes. *J. Appl. Physiol.*, 53:799-804, 1982.
11. **J.L. pannier, J. Vrijens, and C. Van Cauter:** Cardiorespiratory response to treadmill and bicycle exercise in runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 43, 243-251 (1980).
12. **Kenneth F. Hossack:** Reacciones cardiovasculares al ejercicio dinámico. Clínicas cardiológicas de Norteamérica, Vol. 2 Ejercicio y el corazón, 1987.

13. **Kohrt, W. M., D. W. Morgan, B. Bates and J. S. Skinner:** Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling and running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 19, No. 1, pp 51-55, 1987.
14. **McArdle, William, D., Katch, Frank, I., Katch, Victor, L.,** Essentials of exercise physiology. Lea and Febiger., U.S.A. 1994.
15. **Niederberger M, Bruce RA, Kusumi F, et al:** Disparities in ventilatory and circulatory responses to bicycle and treadmill exercise. *Br. Heart J.*, 36:377-382, 1974.
16. **Pechar, Gary, S.,William, D. McArdle, Frank I., Katch, John R., Magel, and Joseph DeLuca.** *Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training.* *J. Appl. Physiol.* 36(6), 753-756. 1974.
17. **Saltin B, Astrand PO:** Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol.*, 23:353-358, 1967.
18. **Sharp, D. S. and P. M. Gahlinger:** Regression analysis in biological research: sample size and statistical power. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 20, No. 6, pp. 605-610, 1988.
19. **Washington B. de Araujo.,** Ergometria & Cardiologia Desportiva. MEDIS-Editorial Médica e Científica Ltda. Brasil. 1986.