

**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO MEDIANTE
PRUEBAS DE EJERCICIO MAXIMALES Y SUBMAXIMALES**

INFORME FINAL DE PROYECTO

**CÉSAR AUGUSTO NIÑO HERNÁNDEZ
DIRECTOR**

CORPORACION UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CINÉTICA HUMANA Y FISIOTERAPIA

BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2012

**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO MEDIANTE
PRUEBAS DE EJERCICIO MAXIMALES Y SUBMAXIMALES**

INFORME FINAL DE PROYECTO

CÉSAR AUGUSTO NIÑO HERNÁNDEZ

DIRECTOR

CORPORACION UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CINÉTICA HUMANA Y FISIOTERAPIA

BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2012

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA

La dirección de Investigaciones y la Decana de la Facultad de Cinética Humana y Fisioterapia, oído al concepto del respetivo asesor y del evaluador, hace constar que la presente investigación fue debidamente APROBADA de acuerdo con los reglamentos de la corporación.

El Comité de Ciencia, Tecnología e Innovación, le otorgó al trabajo titulado

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO MEDIANTE PRUEBAS

DE EJERCICIO MAXIMALES Y SUBMAXIMALES

Para constancia se firma a los _____ días del mes de _____ de 2012.

Dra. Ana María Botero

Vicerrector Académico

Dra. Patricia López

Directora Unidad de Innovación y Tecnología

Dra. Johanna Moscoso

Decana Facultad de Ciencias de la salud

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	8
Marco de referencia	13
Marco metodológico	31
Tipo de estudio	31
Participantes	31
Procedimientos	32
Análisis estadístico	37
Planteamiento de hipótesis	37
Instrumentos	37
Resultados	39
Discusión	56
Conclusiones	59
Referencias	61
Anexos	66

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Parámetros y variables evaluativas de la capacidad aeróbica	16
Tabla 2. Criterios de Estratificación del Riesgo del ACSM	18
Tabla 3. Criterios de Estratificación del Riesgo de la AHA	18
Tabla 4. Recomendaciones de pruebas de ejercicio y supervisión basadas en estratificación del riesgo	21
Tabla 5. Datos sociodemográficos y antropométricos de la muestra	44
Tabla 6. Porcentaje de trabajo a partir de la FCMT y valores de VO ₂ max por género	47
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la muestra	47
Tabla 8. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Consumo de Oxígeno	48
Tabla 9. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el % FC	48
Tabla 10. Prueba de rangos señalados de Wilcoxon para el VO ₂ max	49
Tabla 11. Estadísticos de la prueba de Wilcoxon (VO ₂ max)	50
Tabla 12. Prueba de rangos señalados de Wilcoxon para el % de la FC	51
Tabla 13. Estadísticos de la prueba de Wilcoxon (%FC)	51
Tabla 14. Correlaciones no Paramétricas (Rho de Spearman) para el VO ₂ max y el % de la FCmax	54

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Flujograma de procesos para la inclusión de usuarios	33
Figura 2. Distribución por género de la población de estudio	43
Figura 3. Distribución por grupo etáreo de la población de estudio	43
Figura 4. Porcentaje de trabajo a partir de la FCMT	46
Figura 5. Consumo máximo de oxígeno	47

Lista de anexos

	Pág.
Anexo A. Consentimiento informado para la participación de voluntarios	66
Anexo B. Formato tamizaje pre- participación	69
Anexo C. Cuestionario de monitoreo pre -participación de la AHA/ACSM	70
Anexo D. Cuestionario internacional de actividad Física versión larga	71
Anexo E. Resumen de Historia Clínica	76
Anexo F. Formato de Registro de evaluación	77

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO MEDIANTE PRUEBAS DE EJERCICIO MAXIMALES Y SUBMAXIMALES

César Augusto Niño Hernández¹

RESUMEN

La evidencia científica soporta la necesidad de establecer parámetros objetivos acordes a nuestra población para evaluar la capacidad aeróbica y validar la aplicabilidad de pruebas en escalón, bajo la relación determinada entre la medición del consumo máximo de oxígeno de forma maximal, y su estimación de forma indirecta y submaximal. Por lo cual, el propósito de esta investigación fue establecer la relación entre los valores del consumo de oxígeno medido durante una prueba de esfuerzo máximo y los valores de consumo de oxígeno estimados a partir de pruebas de esfuerzo submáximo. La investigación fue de tipo descriptivo correlacional, en una muestra de 24 sujetos, 21 mujeres y 3 hombres, con edades entre los 19 y 33 años de edad, seleccionada mediante muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia. El análisis estadístico para diseños relacionados mediante pruebas no paramétricas de Wilcoxon y el coeficiente de correlación de Spearman. El nivel de significancia estadística que se consideró fue de $p < 0.05$ con un nivel de confianza del 95%. Al comparar cada una de las pruebas submaximales en escalón con la prueba maximal en cicloergómetro, se identificó que existe relación en los resultados de $VO_2\text{max}$ obtenidos en cicloergómetro y los de la prueba de Tres Minutos donde $p > 0,05$ ($p = 0.530$). Al establecer la relación entre el porcentaje de la frecuencia cardíaca y el consumo máximo de oxígeno se encontró que para las pruebas de cicloergómetro y la de Tres minutos en escalón $P > 0.05$ ($P = 0.120$ y $P = 0.252$, respectivamente), no existen diferencias significativas.

Palabras clave: capacidad aeróbica, consumo máximo de oxígeno, pruebas de ejercicio maximales, pruebas de ejercicio submaximales.

¹ Fisioterapeuta, Universidad Nacional de Colombia. Esp. en ejercicio físico para la salud, Universidad del Rosario. Docente-Investigador, Institución Universitaria Iberoamericana, Bogotá, Colombia.

ESTIMATE THE MAXIMUM OXYGEN CONSUMPTION THROUGH EXERCISE TESTS AND LOWEST PANNING VALUES SUBMAXIMALES

César Augusto Niño Hernández¹

ABSTRACT

The scientific evidence supports the need to establish objective parameters chords to our population to assess the aerobic capacity and validate the applicability of evidence in step, under the specified relationship between the measurement of the maximum oxygen consumption of maximal form, and its estimate of indirectly and submaximal. Therefore, the purpose of this research was to establish the relationship between the values of the oxygen consumption measured during a stress test and the maximum values of oxygen consumption estimated from evidence of submaximal effort. The research was descriptive correlational, in a sample of 24 subjects, 21 women and 3 men, with ages ranging between 19 and 33 years of age, selected using non-probability sampling of intentional or convenience. The statistical analysis for related designs using non-parametric tests of Wilcoxon and Spearman's rank correlation coefficient. The level of statistical significance that was $p < 0.05$ with a confidence level of 95 %. When comparing each of the tests submaximales in step with the maximal test in a cycle ergometer, was identified that there is a relation in the results of VO_{2max} obtained in cycle ergometer and the test of Three Minutes where $p > 0.05$ ($p = 0,530$). To establish the relationship between the percentage of heart rate and the maximum oxygen consumption was found that for the cycle ergometer tests and three minutes in step $P > 0.05$ ($P = 0,120$ and $P = 0,252$, respectively), there are no significant differences.

Key Words: aerobic capacity, maximum oxygen consumption, lowest panning values exercise testing, exercise tests submaximales

Introducción

La evidencia científica actual soporta la diversidad de los test para valorar una de las principales cualidades físicas básicas, la capacidad aeróbica. En múltiples escenarios y ámbitos se ha convertido en una necesidad imperiosa reconocer el papel de dichas pruebas para identificar las condiciones actuales y reales de los usuarios y poblaciones, a fin de establecer unas metas, objetivos y estrategias de intervención acordes a sus características particulares.

Sin embargo, algunos de los test presentan debilidades y dificultades metodológicas, de confiabilidad y validez para todas las poblaciones, ventajas y desventajas frente a otras, que requiere establecer unos parámetros comparativos entre aquellas de uso más frecuente y de mayor accesibilidad. Estos parámetros pueden ser revisados y analizados desde la capacidad del sistema cardiopulmonar de captar, transportar e intercambiar el oxígeno requerido en los procesos fisiológicos y celulares del organismo, entendido como consumo de oxígeno, que ante esfuerzos máximos se conoce como el consumo máximo de oxígeno.

Para la valoración de la capacidad aeróbica existen innumerables pruebas que buscan medir o estimar el consumo máximo de oxígeno, como el parámetro más válido para identificar y analizar la eficiencia con la que trabaja el sistema cardiopulmonar. La evaluación de este atributo del movimiento requiere de test específicos que generen un estrés fisiológico que demande respuestas cardiopulmonares oportunas y eficientes. El seguimiento y control de tales

respuestas debe minimizar los riesgos y sesgos en la obtención de los datos, asegurando un estímulo específico de tendencia del metabolismo oxidativo.

Tradicionalmente, se consideran de manera general diversas clasificaciones identificando pruebas de intensidad constante o de intensidad creciente, pruebas directas e indirectas y/o pruebas de laboratorio y de campo, y pruebas de esfuerzo máximo y submáximo. Sobre estas últimas, se puede mencionar que, ante la dificultad de aplicar en todas las poblaciones pruebas de esfuerzo maximal controladas por los síntomas, se aplican pruebas de menor esfuerzo que permiten pronosticar esta variable mediante ecuaciones. Estas pruebas son las que se conocen como pruebas submaximales. En la selección de dichas pruebas se consideran aspectos como los objetivos planteados para la evaluación, las necesidades, la disponibilidad de equipos y espacios, los costos, las condiciones de los individuos o poblaciones, los criterios de confiabilidad y validez de los test, entre otros.

Para cumplir con estas condiciones se han diseñado una amplia diversidad de pruebas para la evaluación de la capacidad aeróbica que resultan determinadas para diferentes condiciones y poblaciones, donde se hace uso de diferentes medios como bandas o cintas rodantes, cicloergómetros, ergómetros de brazos, múltiples pruebas aplicadas en campo, o pruebas en escalón, también descritas como pruebas de escalinata.

El uso de los test de escalón se constituye en una de las pruebas de bajo costo, con tendencia a mayor frecuencia de aplicación. Las pruebas en escalón pueden ser considerados un tipo de ergómetro que le permite medir la carga de trabajo para estimar el consumo máximo de oxígeno, presentando algunas

limitaciones metodológicas en su aplicación. Por el contrario, el uso de cicloergómetros en la valoración puede ser considerado más seguro para suministrar una carga de trabajo específica y precisa, no obstante, el costo de este equipo, el tipo de trabajo físico que se realiza en él, el cual es menos habitual y genera mayor fatiga muscular localizada en miembros inferiores, y disposición práctica para aplicar a grupos poblacionales grandes, que favorezcan operativamente su ejecución, representan algunas desventajas en la selección de este medio para la evaluación.

Ante estas consideraciones se plantean hipótesis sobre la aplicabilidad práctica de pruebas de campo, de tipo submaximal para la evaluación de grupos poblacionales, como el uso de pruebas en escalón utilizadas como ergómetros, que a pesar de estar ampliamente descritas y ser utilizadas (ACSM, 2006; Heyward, V., 2008), se desconoce la correlación con pruebas maximales para la determinación del consumo máximo de oxígeno en cicloergómetro en población colombiana.

Surge entonces la formulación del problema como ¿Cuál es la correlación en la estimación del consumo máximo de oxígeno entre una prueba de ejercicio maximal en cicloergómetro y una prueba submaximal en escalón?.

En este sentido se plantea como objetivo general del estudio establecer la relación que existe entre la aplicación de una prueba de ejercicio maximal en cicloergómetro y una prueba de ejercicio submaximal en escalón para la valoración de la capacidad aeróbica máxima mediante la estimación del consumo de oxígeno máximo. Para lo cual, se consideraron algunos objetivos específicos a desarrollar:

- Determinar los test de ejercicio físico que serán aplicados para la evaluación de la capacidad aeróbica teniendo en cuenta la posibilidad de medir manera indirecta el consumo máximo de oxígeno.

- Determinar la correspondencia de clasificación descrita en la literatura en maximales y submaximales para las pruebas de ejercicio físico seleccionadas.

- Establecer cual es la correlación que existe entre dos pruebas de ejercicio en escalón para la valoración de la capacidad aeróbica mediante la estimación del consumo de oxígeno máximo.

- Determinar la relación existente al medir el consumo de oxígeno a través del porcentaje de Frecuencia Cardíaca Máxima alcanzado y la aplicación de las fórmulas descritas en la literatura, durante la ejecución de las pruebas seleccionadas.

- Comparar y analizar estadísticamente los resultados de consumo de oxígeno obtenidos de las pruebas de capacidad aeróbica.

De continuar la aplicación de los test de escalón en la población colombiana sin contar con evidencia científica, no se asegura la confiabilidad de los datos obtenidos para reflejar las condiciones reales de las poblaciones a evaluar, siendo un factor desfavorable para el consecuente proceso de intervención, definición de metas y objetivos, así como de criterios para la prescripción de ejercicio físico. De esta manera, al establecer la relación con pruebas maximales que midan o estimen los valores del consumo máximo de oxígeno, se pretende aportar evidencias para la utilización de pruebas de capacidad aeróbica de fácil acceso y aplicación dirigidas a individuos o grupos de nuestra población, permitiendo el uso de pruebas de bajo costo, fácil acceso, con

criterios de validez y confiabilidad que respalden su utilización en diferentes escenarios de la intervención fisioterapéutica.

A partir de esto, la proyección global del alcance de esta investigación es brindarle al profesional, herramientas evaluativas para medir la capacidad de los sistemas cardiorrespiratorio de responder al estrés fisiológico propio del ejercicio, favoreciendo el reconocimiento de los niveles iniciales de la condición física de los sujetos a intervenir, mediante el uso y aplicación de pruebas de ejercicio que no requieren mayor disponibilidad de recursos, tiempo y espacio, pero que orientan asertivamente los planes y estrategias de intervención.

Marco de referencia

En el quehacer del Fisioterapeuta los procesos evaluativos se constituyen en uno de los primeros elementos del abordaje, bien en la práctica clínica, en la intervención comunitaria, o en cualquier otro campo de acción, que involucre personas o colectivos, orientados profesionalmente por Fisioterapeutas, donde se requiera identificar, caracterizar, diagnosticar e intervenir las múltiples condiciones fisiocinéticas de dichos individuos o poblaciones. Por esto es fundamental, que el profesional obtenga la información particular requerida aplicando pruebas específicas que revelen las condiciones de las categorías de análisis asociadas al movimiento corporal humano (American Physical Therapy Association [APTA], 2001).

Partiendo de reconocer la aptitud física como una condición favorable y protectora de la dinámica de salud tanto de individuos como de grupos poblacionales, debemos reconocer que esta se constituye de múltiples atributos o cualidades, que a pesar de ser evaluados, analizados e interpretados aisladamente, forman parte de un complejo sistema de características anatómicas, fisiológicas, psicológicas, sociales, ambientales que determinan el desarrollo de una condición física funcional e integral. De esta manera, podemos revisar y considerar cada uno de sus componentes, como un elemento en función de un organismo expuesto desde las mínimas exigencias de la cotidianidad hasta los más altos niveles de esfuerzo, manifestados en ámbitos deportivos, principalmente. Es por ello, que lo primero para hacer es

describir la organización de dichos elementos, a fin de favorecer su comprensión más adelante.

Para comenzar, es fundamental revisar cuáles son aquellas cualidades físicas básicas que soportan la aptitud o condición física. Entre ellas, se puede mencionar la fuerza, la flexibilidad y la resistencia cardiorrespiratoria. Sobre esta última, en la literatura se pueden encontrar varias denominaciones a este componente de la aptitud física, sin querer referirse a diferentes atributos. Para comprender esta situación, y enmarcando los referentes conceptuales a utilizar en el desarrollo de esta investigación, iniciemos con una revisión de los conceptos que giran en torno a la resistencia cardiorrespiratoria y que están asociados con otra denominación de esta cualidad de la condición física, la capacidad aeróbica.

Capacidad Aeróbica

Definición

Cuando se habla de capacidad cardiorrespiratoria se hace referencia a la capacidad de resistencia a la fatiga durante actividades en la que la resíntesis de ATP se produce fundamentalmente por medio del metabolismo aeróbico (Wilmore & Costill, 2004). Para López y Fernández (2006) es la capacidad del organismo de mantener una determinada intensidad de ejercicio durante un tiempo determinado. Asimismo, Zintl (1991) citado por Martínez (2002) define la resistencia como la capacidad de resistir psíquica y físicamente una carga durante un largo período de tiempo, produciéndose finalmente un cansancio o pérdida de rendimiento manifiesto debido a la intensidad y duración de la misma.

Ésta expresa en gran medida el grado o nivel de condición física de un individuo, razón por la cual es susceptible de evaluación entre las cualidades físicas de carácter básico. Es una de las categorías de evaluación y análisis más frecuente en la práctica de diversas disciplinas asociadas al ejercicio físico.

Según Martínez (2002) la capacidad aeróbica es la facultad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades adecuadas de oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo las actividades que implican a grandes masas musculares durante períodos prolongados de tiempo. Dicha capacidad está directamente relacionada con el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$) entendido como la medida, traducida en capacidad, de aportar, transportar e intercambiar oxígeno, a través del sistema cardiocirculatorio, durante un período de máximo esfuerzo. El $VO_2\text{max}$ ha sido considerado como el “*gold standard*” en la medición de la aptitud cardiorrespiratoria (Fardy & Yanowitz, 1995). También se puede definir como la mayor cantidad de oxígeno que un individuo puede utilizar durante un trabajo físico respirando aire atmosférico. Esta interacción de los sistemas fue descrita por Wasserman et al. (1967) como la interacción de las funciones metabólicas, circulatorias y ventilatorias y de los mecanismos fisiológicos subyacentes involucrados en la producción de energía durante la realización de un trabajo o ejercicio físico.

Evaluación de la Capacidad Aeróbica

Dada la interacción de los diferentes sistemas, tal como se mencionó anteriormente, se han considerado algunos parámetros en la evaluación de la capacidad aeróbica, agrupados como se presenta en el siguiente cuadro, los cuales pueden ser obtenidos de forma directa durante una ergoespirometría.

Tabla 1.

Parámetros	Variables
Ventilatorios	Ventilación (VE) Producción de CO ₂ (VCO ₂) Equivalentes ventilatorios para el oxígeno y el dióxido de carbono (VE/VO ₂ y VE/VCO ₂) Pulso de oxígeno (VO ₂ /FC) Cociente respiratorio (VCO ₂ /VO ₂) Relación Vd/Vt Umbral anaeróbico Consumo de oxígeno (VO ₂)
Cardíacos	Frecuencia Cardíaca Tensión Arterial Electrocardiografía de esfuerzo
Metabólicos	Concentración de lactato sanguíneo

Parámetros y variables evaluativas de la capacidad aeróbica. Fuente: Tomado y adaptado de Segovia, López & Legido (2008)

Tal como se observa, el consumo de oxígeno, entendido como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo (López & Fernández, 2006) es considerado una variable en la medición de la capacidad aeróbica. Esta variable es quizá el parámetro de evaluación más utilizado, como indicador de la capacidad funcional y como la forma más objetiva de determinar la aptitud física (Wasserman, Hansen, Sue, Stringer & Whipp, 2005) sin restarle importancia y significancia a otras variables esenciales en el seguimiento de la evaluación de la resistencia aeróbica. Sin embargo, y a pesar de existir múltiples formas de medirlo o estimarlo, se identifican tanto ventajas como desventajas de los diferentes métodos, así como, limitantes y barreras para su aplicación. Por lo

cual, es necesario repasar la forma de clasificar los medios para determinar un consumo de oxígeno en la evaluación de la condición física.

Tipo de pruebas

Para conocer, determinar o estimar el consumo de oxígeno mediante test de ejercicio se han diseñado diversidad de pruebas. Los protocolos de valoración de la capacidad aeróbica se pueden clasificar de forma general en maximales y submaximales (Noonan & Dean, 2000). Las pruebas maximales, como su nombre lo indica requieren un esfuerzo máximo que genere un punto de fatiga voluntario, esto ofrece mayor sensibilidad en el diagnóstico de enfermedad coronaria en personas asintomáticas y provee un mejor valor de consumo máximo de oxígeno (American College of Sports Medicine [ACSM], 2006). Mientras tanto, las pruebas submáximas, evalúan la capacidad de resistencia del sistema cardiorrespiratorio de tolerar esfuerzos inferiores, donde el 85% la frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT) o predicha es el criterio de control (Segovia, López & Legido, 2008). En este caso, el valor de la FCMT puede ser obtenido mediante diversas ecuaciones (Gellish, et al, 2007; Tanaka, et al, 2001), y adicionalmente, se puede predecir o calcular el $VO_2\text{max}$ (Heyward V., 2008)

Para comprender mejor esta clasificación es indispensable comenzar describiendo la estratificación del riesgo de enfermedad propuesta por el ACSM (2006) (Tabla 2), y por la Asociación Americana del Corazón (Fletcher, G., 2001) (Tabla 3).

Tabla 2.

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Riesgo Bajo	Hombre <45, mujer < 55, asintomáticos y que no cumpla con más de un factor de riesgo de enfermedad coronaria
Riesgo Moderado	Hombre \geq 45, mujer \geq 55, o que cumplan con dos o más factores de riesgo de enfermedad coronaria
Riesgo Alto	Individuos con uno o más signo y síntomas de enfermedad metabólica, cardiovascular o pulmonar, o enfermedad conocida

Criterios de Estratificación del Riesgo del ACSM. Fuente: ACSM (2006)

Tabla 3.

CLASIFICACIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICAS
Aparentemente sano	A1	Niños, adolescentes, hombre <45, mujer < 55, sin factores de riesgo asociados
	A2	Hombre \geq 45, mujer \geq 55, <2 factores de riesgo asociados
	A3	Hombre \geq 45, mujer \geq 55 y 2 ó más factores de riesgo asociados.
Enfermedad c/v conocida bajo riesgo	B	Enfermedad CV estable, Respuesta presora normal, habilidad automonitoreo de actividad, sin taquicardia ventricular.
Enfermedad c/v conocida moderado - alto riesgo	C	2 o más IAM previos, respuesta presora anormal, Problema médico grave, paro cardíaco previo, incapacidad para autorregular la actividad.
Enfermedad inestable	D	Contraindicado el ejercicio

Criterios de Estratificación del Riesgo de la AHA. Fuente: Adaptado de Fletcher G. et al.

(2001)

Considerando la clasificación del riesgo del ACSM, se indican las pruebas de esfuerzo máximo para personas con riesgo alto, no siendo necesaria en sujetos de riesgo bajo a moderado. Por el contrario, las pruebas de esfuerzo submáximo se recomiendan para personas con riesgo moderado a alto. A diferencia de los anteriores grupos, en las personas de riesgo bajo de cualquier edad las pruebas submáximas se pueden realizar sin supervisión médica (ACSM, 2006).

Las pruebas también se pueden clasificar de acuerdo con la manera de conocer el valor del consumo de oxígeno, de forma directa o indirecta. De forma directa, se basan en la medición de los residuos químicos resultantes del gasto energético, generalmente son procedimientos de laboratorio con un alto nivel de confiabilidad, mediante los niveles de lactato en sangre, por ergoespirometría (Fletcher, 2001) o por niveles de urea en orina. Mientras que los métodos indirectos, se pueden agrupar de acuerdo a cómo se estiman los valores de consumo de oxígeno, bien sea, por ecuaciones de regresión (ACSM, 2006), mediante nomogramas (Heyward, 2008) o por cuestionarios (George, et al, 1997), o teniendo en cuenta las respuestas cronotrópica y presora al ejercicio agudo, y la capacidad de recuperación posterior al esfuerzo realizado (Lauer, et al, 2005). En el estudio realizado por Molina, González, Arcay & Galván (s.f) se compararon tres pruebas de campo indirectas y máximas, con una prueba directa de circuito abierto en laboratorio sobre tapiz rodante, y se encontró que las pruebas de campo arrojaron resultados similares en la estimación del consumo de oxígeno máximo de sujetos jóvenes y sanos.

Según el medio que se utilice, los test se pueden clasificar en cicloergómetro, banda sin fin o cinta rodante y pruebas en escalón (ACSM, 2006; McArdle B. et al, 2004). De estos últimos, se conocen múltiples pruebas como el test de Harvard, el Queens College, el test de tres minutos, entre otros, que permiten valorar la capacidad aeróbica mediante la estimación del consumo máximo de oxígeno. Adicionalmente, se pueden ubicar las pruebas de campo como el test de Cooper, el test de Luc-Leger o Course Navette, el test de Lian o skipping, el test de marcha de 6 minutos, el test de la milla, entre otros (Martínez J., 2002), como parte de la clasificación según el medio en el cual se aplique la valoración.

Pruebas maximales y submaximales

La decisión para utilizar las pruebas maximales o submaximales depende de los propósitos de cada test y de la disponibilidad de equipos apropiados y personal capacitado. Cada uno de ellos presenta una serie de ventajas y desventajas para su uso, que se deben contemplar comprendiendo las necesidades de la población a evaluar, respecto de criterios como el costo económico, el acceso a los equipos, el tipo de ejercicio que se realiza, siendo algunos menos habituales en las actividades practicadas cotidianamente (ACSM, 2006).

Adicionalmente, se debe considerar la clasificación del riesgo realizada para los individuos que pretenden ejecutar una prueba máxima o submáxima, o para aquellos que desean iniciar un programa de ejercicio físico de intensidad moderada o vigorosa. Así, de acuerdo al nivel de riesgo se define si es

necesario o no, y se recomienda o no, la supervisión médica y la realización de una prueba de esfuerzo (Tabla 4)

Tabla 4.

Nivel de Riesgo	Bajo	Moderado	Alto
Examen médico y prueba de esfuerzo antes de iniciar el ejercicio			
Ejercicio moderado	No necesario	No necesario	Recomendado
Ejercicio vigoroso	No necesario	Recomendado	Recomendado
Supervisión médica de la prueba de ejercicio			
Submáxima	No necesario	No necesario	Recomendado
Máxima	No necesario	Recomendado	Recomendado

Recomendaciones de pruebas de ejercicio y supervisión basadas en estratificación del riesgo Fuente: ACSM (2010)

Viana, et al. (2009) compararon el consumo de oxígeno obtenido en dos modalidades de ejercicio realizadas por triatletas, considerando su experiencia en ambos tipos de ejercicio lo que les permitió obtener resultados más confiables asociados a prácticas habituales de los sujetos evaluados. Esta condición debe ser atendida en el momento de seleccionar las pruebas que sean acordes a las actividades que más frecuente la persona a valorar.

Tal como se mencionó anteriormente, el porcentaje de la FCMT alcanzada es el principal criterio para determinar la culminación de una prueba de carácter submáximo. Mientras que, adicional al anterior parámetro, entre los criterios para determinar el carácter maximal de una prueba se pueden considerar la observación de una meseta en el comportamiento lineal del VO_2 a pesar del aumento de trabajo, concentraciones de lactato mayores de 8 mmol/L de sangre y el cociente respiratorio mayor de 1.10 o de 1.15 (Casajús, Piedrafita &

Aragonés, 2009; López & Fernández, 2006). Estos criterios son posibles de valorar durante pruebas de medición directa (Segovia, López & Legido, 2008).

Aunque en las pruebas con mayor frecuencia utilizadas en condiciones de laboratorio, se aplican en tapiz rodante o cicloergómetro, y se distinguen tanto ventajas como complicaciones (Wasserman, et al. 2005), el uso de protocolos en escalón han demostrado su gran utilidad. Acerca de este tipo de pruebas se puede reconocer su disponibilidad práctica para valorar esta cualidad y estimar el $VO_2\text{max}$ (McArdle, B. et al, 2004), en términos de bajo costo, fácil transporte y aplicable en grupos numerosos de personas. Sin embargo, se considera pertinente conocer los criterios de validez y confiabilidad de estos, correlacionándolos con otro tipo de pruebas de tipo maximal. Así como, Chatterjee S. et al (2004) quienes evaluaron la conveniencia de aplicar el test del escalón del Queens College (QCT) en hombres de la India comparando los resultados de $VO_2\text{max}$ obtenidos de forma directa en un ejercicio en cicloergómetro y el $VO_2\text{max}$ obtenido por método indirecto a partir de dicha prueba en escalón. Los resultados no mostraron variaciones significativas del $VO_2\text{max}$ predicho y medido directamente, lo que sugirió alta correlación entre las variables de frecuencia cardíaca de recuperación y el $VO_2\text{max}$, que hizo del QCT una prueba útil como herramienta de tamizaje en estudios con esta población en particular.

Dado el interés de esta investigación de aplicar y comparar el consumo de oxígeno obtenido mediante pruebas en escalón con otros protocolos de ejercicio de carácter maximal, partimos de reconocer estas pruebas de carácter submaximal. Como ya se ha mencionado anteriormente, este tipo de pruebas

son de fácil aplicación, pueden ser aplicadas a grupos poblacionales y no requieren un material costoso. Se han descrito diferentes protocolos para pruebas de escalón como el de Harvard, Osu, Eastern Michigan University, Queen's College, Chester test, Astrand-Rhyming, de tres minutos, entre otros (Heyward, 2001; Heyward, 2008; López & Fernández, 2006; Segovia, López & Legido, 2008; ACSM, 2006) y algunos de ellos han sido utilizados y comparados con pruebas maximales en banda o cicloergómetro (Siahkouhian, 2009; Tierney M. et al., 2010; Buckley J. et al, 2004; Chatterjee S. et al., 2004). Las principales variables a tener en cuenta son los parámetros mecánicos como la altura y la cadencia de pasos, y de los parámetros cardiovasculares la frecuencia cardíaca al finalizar la prueba.

Por otra parte, algunos reportes de investigaciones dan cuenta de la aplicación de estudios correlacionales en sujetos sanos encontrando correlación positiva en los valores del consumo máximo de oxígeno utilizando diferentes protocolos. Zwiren L. et al (1991) realizaron un análisis comparativo de cinco test de ejercicio submáximos en cicloergómetro, en banda y tres pruebas de campo para estimar el consumo de oxígeno máximo en treinta y ocho mujeres de 30 a 39 años, mediante la aplicación de métodos como nomogramas y extrapolación, estableciendo una alta correlación entre los criterios de VO₂max.

Por su parte, Hartung G. et al (1993) compararon la capacidad aeróbica en dos grupos de hombres, uno de corredores altamente entrenados y otro de sujetos inactivos que no realizan ejercicio aeróbico regular, midiendo el consumo de oxígeno directamente en condiciones de laboratorio en banda y prediciendo mediante el test submáximo de carrera de 1.5 millas en

cicloergómetro. Como resultados presentaron la subestimación de VO_2max en cicloergómetro en ambos grupos de personas y una alta correlación entre los valores medidos directamente y estimados.

Faulkner J. et al (2007) evaluaron si la exactitud de predecir el consumo de oxígeno máximo de valores de frecuencia cardíaca submáximos y de tasas de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) eran moderadas según género y actividad habitual. Veintisiete hombres y dieciocho mujeres completaron dos pruebas de esfuerzo progresivo para determinar el VO_2max y tres pruebas reguladas perceptualmente. La frecuencia cardíaca y la RPE fueron analizadas individualmente en regresión frente al VO_2max para su predicción. El estudio confirmó la validez de estimar el VO_2max de pruebas reguladas perceptualmente, de test submáximos progresivos e indicó la utilidad potencial del análisis de regresión para medir de forma apropiada intensidades de ejercicio submáximas.

Eston R. et al (2006) evaluaron la validez de la estimación del consumo de oxígeno a partir de valores submáximos de VO_2max provocados durante test de ejercicio regulados perceptualmente de duración de 2 y 4 minutos en cicloergómetro. Diecinueve hombres y mujeres entre 19 y 23 años de edad realizaron dos test progresivos hasta la fatiga voluntaria para medir el VO_2max y cuatro test incrementales regulados perceptualmente para predecir el VO_2max . Los resultados sugirieron que los protocolos de ejercicio submáximo progresivo guiados perceptualmente, principalmente de dos minutos de duración, proporciona estimaciones aceptables de la potencia aeróbica máxima.

Sin embargo, en otras investigaciones como la de Hartung G. et al (1995) donde reconocieron la necesidad de estimar el consumo de oxígeno máximo mediante métodos sencillos, válidos y confiables para estudios epidemiológicos de actividad física, evaluar el rendimiento laboral y en la prescripción de ejercicio, realizaron pruebas submaximales en cicloergómetro y en banda a treinta y siete mujeres de 19 a 47 años de edad, a quienes midieron la respuesta de la frecuencia cardíaca, concluyeron que aunque eran confiables en la reevaluación, sobreestimaban la medida de $VO_2\text{max}$.

Buckley J. et al (2004) evaluaron la confiabilidad y validez de las medidas tomadas durante la prueba de escalón *Chester Test* usadas para estimar el $VO_2\text{max}$ y prescribir ejercicio posteriormente. El estudio fue aplicado a 7 hombres y 6 mujeres de 22.4 años de edad promedio. La frecuencia cardíaca, el esfuerzo percibido y el VO_2 fueron medidos en cada etapa del test. Los resultados evidenciaron la confiabilidad test-retest pero cuestionaron la validez en la estimación del $VO_2\text{max}$ en cada etapa y en la estimación de la frecuencia cardíaca máxima.

Otras investigaciones, han centrado su atención en comparar el consumo de oxígeno medido mediante pruebas maximales y submaximales en poblaciones específicas. Larsen A. et al (2001) utilizaron y compararon tres diferentes pruebas de valoración de la capacidad aeróbica en pacientes con falla cardíaca congestiva, antes y después de 12 semanas de entrenamiento. Los test se aplicaron en cicloergómetro, en banda y durante la caminata de 6 minutos. La prueba en cicloergómetro fue maximal y las otras dos submaximales. Los autores demostraron mejoras significativas mediante la

aplicación de los tres tipos de pruebas, considerando ventajas prácticas en el uso de pruebas que reflejen tareas cotidianas que permitan valorar la capacidad funcional en esta población, como lo es caminar, y describiendo la dificultad en realizar pruebas en cicloergómetro por ser actividades poco familiares, que requieren balance y coordinación.

Hernández E. et al (1997) compararon el test de lanzadera (shuttle walking test), el cual es de tipo incremental y progresivo en la velocidad de la marcha, y un test en cicloergómetro limitado por síntomas en veinte (20) pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) encontrando respuestas cardiovasculares y metabólicas subjetivas similares y correlación significativa del consumo de oxígeno, validando el test de caminata para estimar la capacidad funcional en esta población.

Eisfeld G. y Leite N. (2009) investigaron el consumo de oxígeno en 54 adolescentes obesos y 33 no obesos, entre 10 a 16 años de edad, mediante test maxiales en banda y cicloergómetro. En el análisis del uso de ambos protocolos encontraron que el VO_2 max absoluto de los adolescentes obesos fue más alto en la prueba en banda que en la prueba en cicloergómetro. Sin embargo, fue más bajo frente al grupo de adolescentes no obesos y mujeres. Respecto la carga de trabajo se encontró que la carga de trabajo final fue similar para ambos grupos de estudio, sugiriendo el uso de cicloergómetro como el mejor ergómetro para individuos obesos.

La medición del consumo de oxígeno también es posible mediante telemetría. En la investigación de Blanco I. et al (2009) evaluaron el VO_2 max mediante la prueba de caminata de los seis minutos en 27 sujetos con

Enfermedad Pulmonar Intersticial Difusa e Hipertensión Pulmonar, comparando los resultados con los obtenidos en una prueba de esfuerzo incremental en cicloergómetro. Las variables respiratorias se registraron mediante un sistema telemétrico portátil. Los hallazgos de VO₂ pico fueron similares en las dos pruebas, a pesar que posiblemente las cargas de trabajo generadas fueron diferentes, y el esfuerzo realizado en la prueba de 6 minutos fue considerado como máximo en esta población.

Por otra parte, el VO₂ se puede estimar o determinar de forma indirecta mediante ecuaciones de regresión. Recientemente, fueron publicados los resultados de la investigación de Tierney M. et al (2010) quienes compararon el consumo de oxígeno máximo predicho por ecuaciones para protocolos maximales y submaximales en banda y en escalón, de 54 bomberos de 36.4 años de edad promedio. Los datos obtenidos de las ecuaciones de predicción maximales fueron más exactos que los obtenidos por ecuaciones de predicción submaximales tanto para protocolos de banda como en escalón. Los investigadores concluyeron que: aunque el uso de las ecuaciones submaximales de predicción de la capacidad aeróbica reducen los costos y tiempos de evaluación, la medición directa del consumo máximo de oxígeno permanece como la mejor alternativa. Esta conclusión es apoyada por McArdle B. et al (2004) quienes describen las precauciones a considerar sobre el uso de las ecuaciones predictivas, dado que todas las predicciones tienen errores, que reciben el nombre de error estándar de la estimación (EEE). De esta manera, es necesario conocer la magnitud del error para poder juzgar la utilidad de la puntuación estimada.

Aquí también vale la pena citar el estudio publicado por Ramírez y Delgado (2008), quienes compararon los valores de consumo máximo de oxígeno a partir de valores indirectos obtenidos mediante ecuaciones de regresión múltiple, para una prueba de predicción sin ejercicio y un método indirecto en banda sin fin, en el cual encontraron una buena correlación entre el consumo de oxígeno estimado de las dos formas y plantean que estos modelos indirectos son de fácil aplicación, rápido manejo y muy económico.

Frente a las necesidades detectadas de diversas poblaciones para evaluar la capacidad aeróbica, algunos investigadores han diseñado propuestas de test específicos, para lo cual, compararon los resultados entre las pruebas predeterminadas y los test formulados específicamente para su población objeto. Olson M. et al (1995) tuvieron como propósito en su investigación desarrollar un test de ejercicio submáximo para estimar el VO₂max mediante el baile aeróbico. Aplicaron un test en banda a cien mujeres de 18 a 40 años de edad y valoraron la respuesta de la frecuencia cardíaca en un período de baile aeróbico para construir ecuaciones de regresión que permitieran asegurar validez y confiabilidad al protocolo en la estimación del VO₂ max.

Un estudio realizado por Moura A. et al (2009) planteó como objetivo verificar la necesidad de utilizar un protocolo de valoración específica de la capacidad aeróbica en jugadores de tenis de mesa en respuesta a la lactacidemia, comparando pruebas aplicadas en ergómetros convencionales con pruebas aplicadas en un ergómetro específico mediante procedimientos. Los participantes realizaron pruebas de lactato en ergómetro de brazos y en cicloergómetros; además, realizaron un test de umbral anaeróbico simulando un

gesto específico de golpe a las bolas lanzadas por un equipo mecánico. Esta prueba fue incremental y se determinó el umbral por el aumento abrupto de los valores de lactacidemia. Los resultados les permitieron concluir que no existía una correlación entre la capacidad aeróbica determinada por un ergómetro específico para tenis de mesa y la capacidad aeróbica determinada por ergómetros convencionales. Esto evidenció la necesidad de aplicar un protocolo de valoración de capacidad aeróbica específica en estos deportistas.

En un estudio reportado por Ashley (1997) se realizaron ajustes a la altura del escalón en las pruebas para estimar la capacidad aeróbica máxima según condiciones antropométricas como la estatura, aplicando el test estándar de escalón del Queens College y un test modificado acorde a la altura del pie con la rodilla a 90 grados a 18 mujeres. Encontraron moderada correlación entre la capacidad aeróbica máxima y la frecuencia cardíaca de recuperación para ambos test, concluyendo que la altura del escalón ajustada a la talla de las personas no brinda mayor seguridad en la predicción de la capacidad aeróbica que utilizando las alturas estandarizadas de los bancos. Bajo similar criterio Siahkouhian (2009) exploró el impacto de la altura del escalón en la predicción del consumo máximo de oxígeno y la comparó con los valores obtenidos en una prueba en tapiz rodante, encontrando similitudes en lo concluido por Ashley (1997) al mencionar que no sólo la altura es responsable de valores superiores en personas altas, sino también la capacidad pulmonar y otros factores fisiológicos.

La evidencia presentada soporta la necesidad de establecer parámetros objetivos acordes a nuestra población para evaluar la capacidad aeróbica y

validar la aplicabilidad de pruebas en escalón bajo la relación determinada entre la medición del consumo máximo de oxígeno de forma maximal, y su estimación de forma indirecta y submaximal.

Marco Metodológico

Tipo de estudio

La investigación a realizar es de tipo descriptivo correlacional, ya que comprende la descripción, registro, análisis y recolección e interpretación de datos para facilitar el establecimiento de relaciones entre los valores del consumo de oxígeno medido durante una prueba de esfuerzo máximo y los valores de consumo de oxígeno estimados a partir de pruebas de esfuerzo submáximo.

Participantes

Los participantes se seleccionaron de la población global de la Institución Universitaria Iberoamericana mediante muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia, considerando la posibilidad de acceso a la comunidad cautiva en el entorno educativo y con mayor disposición de tiempo en la participación.

La muestra del estudio fue 24 sujetos, 21 mujeres y 3 hombres, con edades entre los 19 y 33 años de edad, quienes adicionalmente cumplieron los siguientes criterios:

De inclusión: usuarios sin antecedentes cardíacos, bajo riesgo cardiovascular clasificados según la estratificación del riesgo del Colegio Americana de Medicina del Deporte (ACSM, 2010), sin patologías osteomusculares, con moderado a alto nivel de actividad física según la clasificación del International

Physical Activity Questionnaire - IPAQ, que se encuentren entre los 18 y 40 años de edad.

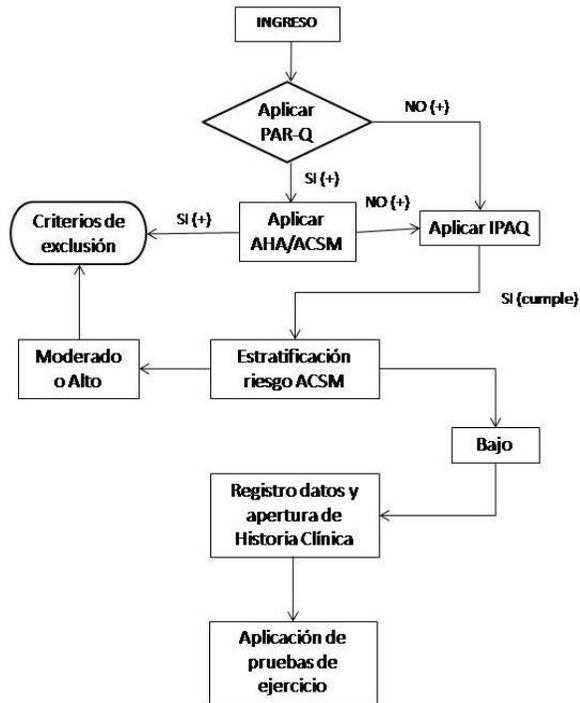
De exclusión: usuarios con antecedentes cardíacos, moderado a elevado riesgo cardiovascular clasificados según la estratificación del riesgo del Colegio Americana de Medicina del Deporte (ACSM, 2010), con patologías osteomusculares, físicamente inactivos según nivel de actividad física determinado por el IPAQ, menores de 18 años y mayores de 40 años de edad, fumadores, con sobrepeso y/o obesidad con un índice de masa corporal mayor a 25 kg/m².

Procedimiento

Fase I. Convocatoria de la población. Mediante estrategias de divulgación virtual, en carteleras, correos institucionales, afiches, voz a voz.

Fase II. Aplicación tamizajes y clasificación. En la cual se aplicaron cuestionarios pre-participación para la realización de actividad física (PAR-Q, AHA/ACSM) (Anexo B y C), cuestionarios de clasificación del nivel de actividad física (IPAQ) (Anexo D), estratificación del riesgo cardiovascular (ACSM) (Anexo E) y el proceso de apertura de historia clínica (Anexo E) para determinar el cumplimiento total de los criterios de inclusión y exclusión definidos. Para facilitar este proceso se diseñó y utilizó el siguiente flujograma de procesos que indica la toma de decisiones.

Figura 1



Flujograma de procesos para la inclusión de usuarios

Fase III. Aplicación de pruebas de ejercicio. Se aplicaron las pruebas de valoración a aquellas personas que cumplieron estrictamente los criterios de inclusión, a quienes previo al inicio de las mismas, se le informó los procedimientos propios de las pruebas, los efectos y riesgos a los cuales se sometían, para lo cual, debían leer y firmar un formato de Consentimiento Informado para la participación de voluntarios en la investigación (Anexo A), previamente aprobado por el Comité de Ética e Investigación de la Institución Universitaria Iberoamericana.

Previo a la realización de las pruebas se le informaba a los sujetos un mínimo de condiciones que debían cumplir para llevar a cabo la prueba. Estas se verificaban antes del inicio de cada prueba:

1. Presentarse con ropa cómoda – deportiva, que facilite el movimiento corporal global, zapatos tenis, pantaloneta, camiseta y toalla de manos.
2. Recordar hidratarse adecuadamente dos días antes de cada prueba y traer agua o bebida hidratante el día de la misma.
3. No consumir bebidas alcohólicas, cigarrillo, estimulantes farmacológicos, o energizantes previos a la prueba mínimo 48 horas.
4. Abstenerse de ingerir bebidas con cafeína 4 horas antes de la prueba.
5. Evitar cualquier actividad física inusual y no realizar actividad física vigorosa 12 horas antes de la prueba.
6. Dormir la noche inmediatamente anterior por lo menos seis horas.
7. Evitar comidas pesadas antes de la prueba, mínimo dos horas.

Cada prueba se aplicó en tres días diferentes, con un período entre prueba y prueba de mínimo dos días para favorecer la recuperación fisiológica post-ejercicio y máximo de cuatro semanas para controlar los efectos de un posible proceso de acondicionamiento.

La selección del orden de aplicación de cada una de las pruebas fue aleatoria, para reducir el sesgo. Este proceso se realizó inmediatamente antes de cada prueba, donde el individuo seleccionaba una ficha que registraba el nombre de la prueba. El sujeto no conocía la prueba que le correspondería hasta justo antes de iniciar, donde el evaluador explicaba el procedimiento.

A la muestra seleccionada se le aplicaron dos tipos de pruebas para valorar la capacidad aeróbica: una prueba de tipo maximal realizada en cicloergómetro utilizando como principal criterio la frecuencia cardíaca máxima teórica (indirecta) y dos pruebas de tipo submaximal aplicadas en escalón.

Protocolo en cicloergómetro

El ejercicio realizado en cicloergómetro es de tipo incremental con cargas de trabajo iniciales de 50 watts (w) e incrementos cada dos minutos de 25 w para mujeres y de 50 w para hombres hasta realizar un esfuerzo máximo. El cicloergómetro requerido es un cicloergómetro de freno mecánico. La prueba es indirecta, ya que determinada el consumo de oxígeno a partir del valor de la frecuencia cardíaca máxima teórica y alcanzada durante la prueba, y la potencia de trabajo máxima desarrollada. Esta última se considera, cuando el sujeto es capaz de completar una etapa de dos minutos, expresada en el total de watts y se utilizan en la siguiente ecuación (ACSM, 2010):

$$VO_2\max = (1,8 * \text{carga de trabajo (kg.m.min-1)})/\text{peso corporal (kg)} + 3,5 + 3,5$$

Donde un watt = 6.12 kg.m.min-1

Protocolo en escalón 1

El ejercicio realizado consiste en subir y bajar un escalón de altura predeterminada a velocidad constante, con cadencia ajustada a la capacidad individual. La prueba tiene una duración de tres minutos, en la cual se realiza el registro de la cadencia mediante observación directa y registro por contador de pasos. Se realiza control de variables respiratorias y cardíacas. El esfuerzo

esperado durante la prueba es submáximo. De forma que no debe superar el 85% de la frecuencia cardíaca máxima teórica. Se obtienen los datos de la cadencia y la altura del escalón para calcular el $VO_2\text{max}$ mediante la ecuación del Colegio Americano de Medicina del Deporte para pruebas en escalón (2010).

$$VO_2\text{max} = (1,33 * (1,8 * A * C)) + (0,2 * C) + 3,5$$

Donde A = altura escalón (m) y C = cadencia (pasos/min)

Protocolo en escalón 2 – Test de Queen´s Colleege

El ejercicio realizado consiste en subir y bajar un escalón de 40 cm de altura a un ritmo constante de 24 ciclos por minutos para hombres y 22 ciclos por minuto para mujeres. La prueba tiene una duración de tres minutos. La frecuencia cardíaca es tomada al final del ejercicio, utilizando el monitor cardíaco, por auscultación o por palpación. Si se utilizan cualquiera de los dos últimos métodos, se obtiene el registro entre el segundo 5 y el 20 inmediatamente después del ejercicio y se multiplica por cuatro, para convertirlo en latidos por minuto. Posteriormente, para calcular el $VO_2\text{max}$ de este protocolo se utilizan las siguientes ecuaciones (Heyward, 2008):

$$\text{Para hombres: } VO_2\text{max} = 111,33 - (0,42 \times \text{Frecuencia Cardíaca})$$

$$\text{Para mujeres: } VO_2\text{max} = 65,81 - (0,1847 \times \text{Frecuencia Cardíaca})$$

A partir de los test se estimó el consumo de oxígeno máximo mediante la aplicación de las ecuaciones predictivas descritas y se comprobó la prueba de hipótesis a partir de los datos de consumo máximo de oxígeno obtenido en las pruebas.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se presentarán como medias y desviaciones estándar, y se analizarán prueba de hipótesis para diseños relacionados mediante pruebas no paramétricas de Wilcoxon y el coeficiente de correlación de Spearman. El nivel de significancia estadística que se considera para la investigación es el valor de $p < 0.05$ con un nivel de confianza del 95%. Para el análisis de estas pruebas se utilizó el programa estadístico SPSS 18.0 para Windows.

Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Estadística

Hipótesis Nula: $H_0: \mu_1 = \mu_2$.

El consumo de oxígeno estimado mediante pruebas de ejercicio maximal (μ_1) se relaciona con el consumo de oxígeno estimado mediante pruebas de ejercicio sub-maximal (μ_2)

Hipótesis alternativa. $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$.

El consumo de oxígeno estimado mediante pruebas de ejercicio maximal (μ_1) NO se relaciona con el consumo de oxígeno estimado mediante pruebas de ejercicio sub-maximal (μ_2)

Instrumentos

De registro

1. Formato de Consentimiento informado para la investigación (Anexo A)
2. Physical Activity Readiness Questionnaire - PAR-Q (Anexo B)
3. Tamizaje pre-participación de la AHA/ACSM (Anexo C)
14. International Physical Activity Questionnaire – IPAQ (Anexo D)
5. Registro de ingreso y apertura de historia clínica y Estratificación del
6. Riesgo cardiovascular según la ACSM (Anexo E)
7. Formato de registro de evaluación (Anexo F)

Equipos y materiales

1. Cicloergómetro monark 828E
2. Contador manual de pulsos mecánico Quingdao
3. Metrónomo digital marca Korg o de cuerda Wittner
4. Escalón de 40 cm de altura
5. Monitor cardíaco polar
6. Tensiómetro aneroide Welch-Allyn y Fonendoscopio Littmann

Fase IV. Resultados e informe final. Esta fase se cumplió una vez finalizada la aplicación de las pruebas en noviembre de 2011, donde se realizó el procesamiento y análisis de los datos recolectados en la fase anterior, caracterizando la población participante por aspectos sociodemográficos y correlación de las variables de estudio entre los protocolos de valoración aplicados, utilizando las medidas estadísticas definidas para la investigación.

Finalmente, se elabora un informe final de investigación como producto del trabajo realizado y se hace entrega en Diciembre del mismo año a la Coordinación de Investigaciones de la Facultad de Cinética Humana y Fisioterapia.

Resultados

A partir de la convocatoria realizada a la comunidad universitaria de la Institución Universitaria Iberoamericana entre Septiembre de 2010 y Agosto de 2011, para participar en el desarrollo de la presente investigación se lograron aplicar a 159 sujetos los tamizajes pre-participación para identificar antecedentes y/o factores de riesgo cardiovascular y osteomuscular para cumplir con la clasificación de la población a partir de la estratificación del riesgo, siguiendo el flujograma de procesos de la figura 1.

Tamizaje Pre-participación

De la población de 159, 82 fueron excluidos y los 77 restantes aptos, cumpliendo los criterios de inclusión establecidos para el estudio.

La población que no cumplió los criterios de ingreso se identificaron mediante la aplicación del cuestionario PAR-Q, donde 40 personas al menos contestaron SI a algunas de las siete preguntas. En algunos casos, se encontraron dos o más respuestas afirmativas en un solo sujeto.

Del cuestionario pre-participación de la AHA/ACSM se reportaron 59 personas que no refieren ningún síntoma. De los 23 sujetos que marcaron algún síntoma, 3 personas refieren sentir molestias en el pecho cuando realizan esfuerzos físicos, 3 manifiestan que les cuesta respirar sin razón alguna y 8 reportan mareos, desmayos o sentirse desorientados. Las 9 personas restantes manifiestan la combinación de mínimo dos de los síntomas anteriores.

En cuanto los factores de riesgo cardiovascular que indaga el cuestionario 32 personas marcaron al menos una de las opciones. El factor sobre sedentarismo, se marcó en el 69% de los casos, es decir 22 personas consideran no realizar por lo menos 30 minutos de actividad física al menos 3 días por semana. Otro factor de riesgo importante, como el consumo de cigarrillo se identificó en 7 sujetos. Tener un familiar en primer grado de consanguinidad con historia de ataque cardíaco fue reportado por 5 de las personas y tener más de 20 libras de sobrepeso por 4 personas. Sólo 2 sujetos reportaron tener el colesterol mayor de 240 mg/dl. En esta sección del cuestionario, es importante aclarar que 21 personas presentan dos o más factores de riesgo cardiovascular y los 11 restantes tienen un solo factor de riesgo.

En la sección de otros aspectos de salud 18 personas marcaron tres de las opciones, excepto estar embarazada, donde 7 refieren tener problemas musculo esqueléticos y 2 tomar medicinas que le ha prescrito el médico. El ítem *se preocupa por la seguridad del ejercicio que va a realizar* fue marcado en 12 ocasiones. Sin embargo, este ítem puede tener ambigüedad en su interpretación y ser poco relevante en la toma de decisión para la aplicación de pruebas de ejercicio del estudio.

Por otra parte, los 77 sujetos que cumplieron los criterios de inclusión fueron convocados por vía telefónica, correo electrónico o personalmente, para poder iniciar la fase de aplicación de las pruebas de ejercicio. Desafortunadamente, el seguimiento en algunos casos no fue posible, ya que

los datos de contacto habían cambiado, no funcionaban o ya no eran de las personas que habían clasificado como aptas. Además, de las personas que manifestaron su interés y disponibilidad de participar, algunas no cumplieron las citas establecidas, no definieron un horario y fecha específica, no cumplieron las condiciones previas para la realización de las pruebas, o refirieron tener muy poca disponibilidad de tiempo. Tras superar este filtro, se lograron convocar 38 personas para iniciar el proceso.

En una primera fase, de las 38 personas, 10 fueron convocadas en el primer semestre de 2011, y sólo cinco de ellas cumplieron la aplicación de las tres pruebas objeto de la investigación. Sin embargo, los datos recolectados solo se consideraron para un análisis base, teniendo como referencia la baja confiabilidad de estos, ya que las mediciones fueron realizadas por asistentes de investigación con poca experticia y habilidad técnica en la aplicación de pruebas de ejercicio.

En el segundo semestre de 2011, de las 28 personas restantes, 24 realizaron los tres protocolos de valoración y los otros 4 solo asistieron a una prueba.

Pruebas de Ejercicio

Al grupo de 10 sujetos convocados entre mayo y junio de 2011 se le realizaron 21 pruebas de ejercicio, de los cuales sólo cinco de ellos, cumplieron el desarrollo de los tres protocolos de valoración. Otras 4 personas asistieron a una sola prueba y no regresaron, y otra persona realizó dos de las pruebas,

pero no volvió para la tercera. Al grupo restante de 28 personas clasificadas como aptas, se aplicaron 76 pruebas de ejercicio entre septiembre y noviembre de 2011.

A otras tres personas se les aplicó una prueba a cada uno, quienes refirieron síntomas como mareo, náuseas, desaliento, dolor agudo en rodillas, dificultad en cumplimiento de mínimos para la realización de las pruebas, por lo cual, se clasificaron como no aptas, en busca de reducir el riesgo de eventos en las pruebas de ejercicio de esfuerzo máximo.

Es importante mencionar que se programaron 125 citas de valoración para el 2011-2, cumpliendo con el 63% de asistencia de los sujetos de investigación, lo que indica el tiempo efectivo de aplicación de pruebas. Las 46 pruebas de valoración restantes programadas no se cumplieron por inasistencia de las personas.

A partir de lo anterior, en total se aplicaron 100 pruebas de ejercicio entre marzo y noviembre de 2011, de las cuales se consideran 72 para el análisis de los datos.

Los datos que se presentan a continuación corresponden a la muestra de la investigación de 24 sujetos evaluados en los tres procedimientos de valoración.

Datos sociodemográficos

Como lo muestra la figura 2, el número de mujeres es superior que el de hombres, participando 21 mujeres frente a 3 hombres (Tabla 5), asociada a la

tendencia poblacional de estudiantes de la Facultad de Cinética Humana y Fisioterapia.

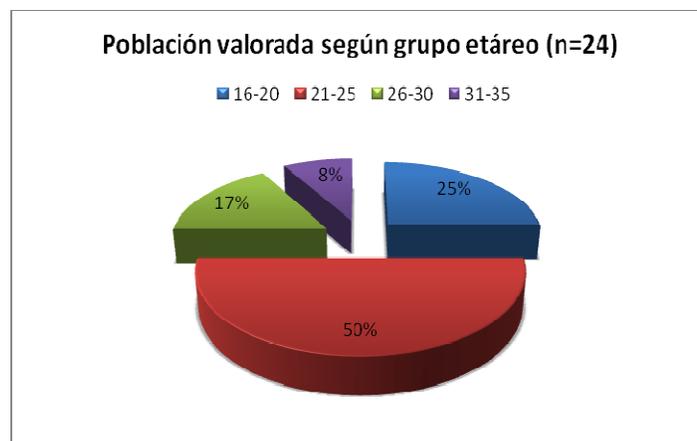
Figura 2



Distribución por género de la población de estudio

Respecto al grupo etáreo, la mitad de la muestra se encuentra entre los 21 y 25 años de edad, con una edad media de 22.4 (+/- 3.4) años para las mujeres y de 29.6 (+/- 2.1) años para los hombres, y de 23.3 (+/- 4) años para el total de la muestra (Figura 3, Tabla 5)

Figura 3.



Distribución por grupo etáreo de la población de estudio

Tabla 5.

	Hombres		Mujeres		Total	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Sexo (n)	3		21		24	
Edad (años)	29,6	2,1	22,4	3,4	23,3	4
Peso (kg)	80,3	5,7	58,1	6,5	60,9	9,8
Talla (m)	1,77	0,02	1,62	0,05	1,64	0,07
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	25,6	1,7	22,1	1,9	22,5	2,2

Datos sociodemográficos y antropométricos de la muestra

Datos antropométricos

Teniendo en cuenta el sobrepeso como factor de riesgo cardiovascular y como criterio de exclusión del estudio, se presentan los datos antropométricos hallados de peso, talla e índice de masa corporal (IMC) (Tabla 5).

La media del peso corporal para los hombres fue de 80.3 kg (+/- 5.7) y para las mujeres de 58.1 kg (+/- 6.5), y una media total de 60.9 kg (+/- 9.8). La media de la talla (en metros) para hombres es de 1.77 (+/- 0.02), para las mujeres de 1.62 (+/- 0.05) y la media del total de la muestra es de 1.64 (+/- 0.07). Por otra parte, el IMC para los hombres es 25.6 (+/- 1.7), para las mujeres de 22.1 (+/- 1.9) y de la muestra total de 22.5 (+/- 2.2).

Se debe considerar que la población de género masculino que participó en la investigación, según el IMC se clasifica con sobrepeso, no obstante, son personas con antecedente de entrenamiento anaeróbico con sobrecarga, lo que sugiere mayor componente libre de grasa frente al componente graso, y un

menor riesgo cardiovascular, por lo cual, se definieron como usuarios aptos para la inclusión en el estudio.

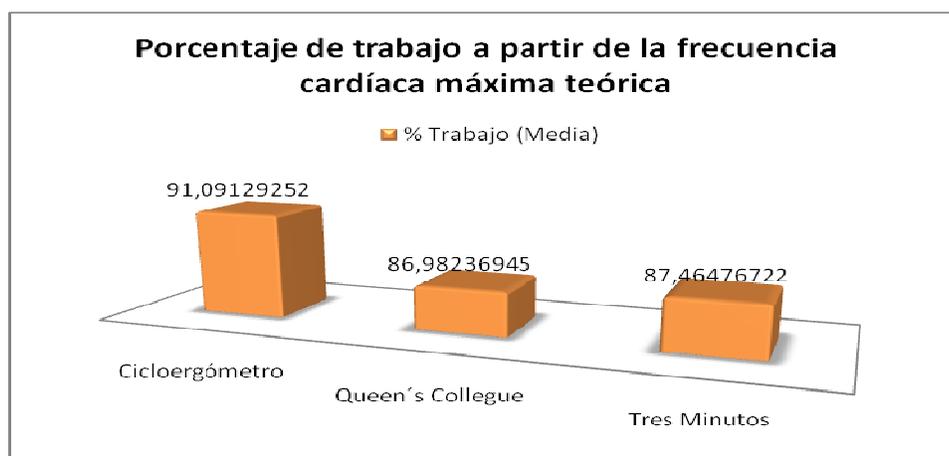
Datos de variables de valoración del ejercicio

Para el análisis de los datos se tendrán en cuenta dos variables principales, el porcentaje de trabajo para cada una de las pruebas, definido por la relación entre la frecuencia cardíaca alcanzada durante las pruebas de ejercicio y la frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT), y el valor de consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) obtenido mediante las ecuaciones predictivas.

A pesar de considerar teóricamente cada uno de los protocolos como pruebas máximas o submáximas, teniendo como referencia el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada, en la aplicación de los test se evidenció que en la prueba realizada en cicloergómetro, la media del porcentaje de trabajo fue de 91.09% (+/- 4.98%) no cumpliendo el criterio de maximidad a partir de la FCMT (Casajús, Piedrafita & Aragonés, 2009).

Respecto las pruebas en escalón definidas como submáximas, se alcanzaron en algunos sujetos porcentajes de trabajo superiores al 85% de la FCMT, teniendo como media 86.98% (+/-7.07%) en la prueba de Queen's Collegue y 87.46% (+/-5.05%) en la prueba de Tres Minutos (Tabla 6), como se muestra en la figura 4.

Figura 4.

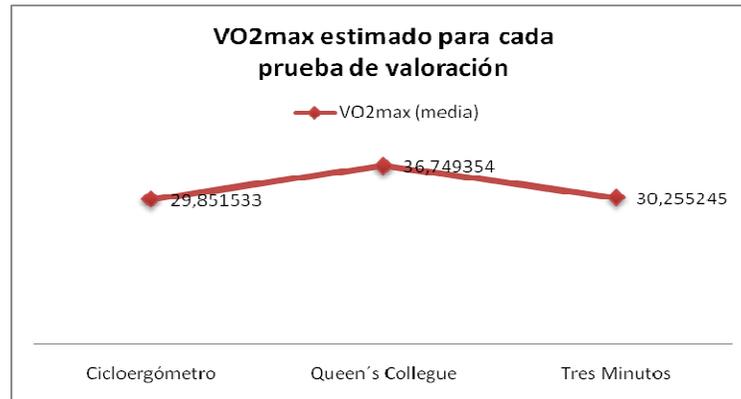


Porcentaje de trabajo a partir de la FCMT

En la tabla 6, se muestra la media y las desviaciones estandar del porcentaje de trabajo a partir de la FCMT y de los valores VO_{2max} diferenciados por género, reconociendo que factores determinantes como la composición corporal, las variables antropométricas, las respuestas neuroendocrinas asociadas al sexo influyen en las variables hemodinámicas y ventilatorias analizadas. No obstante, para efectos del análisis estadístico no se consideran tales diferencias ya que se manipulan los datos en conjunto del total de la muestra.

Los valores promedio de VO_{2max} determinado para cada prueba, se representan en la figura 5 y los datos estadísticos descriptivos se presentan en las tablas 6 y 7.

Figura 5.



Consumo máximo de oxígeno

Tabla 6.

		Cicloergómetro		Queen's Colleague		Tres Minutos	
		% Trabajo	VO2max	% Trabajo	VO2max	% Trabajo	VO2max
Hombres	Media	86,25	36,68	74,79	52,81	80,18	34,50
	SD	4,79	2,77	6,87	5,67	2,98	1,98
Mujeres	Media	87,59	29,07	83,43	34,45	83,94	29,33
	SD	4,71	3,79	5,24	1,90	4,40	2,35

Porcentaje de trabajo a partir de la FCMT y valores de VO₂max por género

Tabla 7.

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
VO2max_Ciclo	24	29,851533	4,4854461	23,9477	39,4000
VO2max_Queens	24	36,749354	6,6623104	32,0099	58,4100
VO2max_Tres M	24	30,255245	2,7977832	25,5931	36,2833
% Trabajo_Ciclo	24	91,091292	4,9801826	81,7181	98,6060
% Trabajo_Queens	24	86,982369	7,0798410	68,2556	94,6166
% Trabajo_Tres M	24	87,464767	5,0504067	77,9082	96,7238

Estadísticos descriptivos de la muestra

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron pruebas no paramétricas, ya que aunque se cumple la condición de distribución de normalidad, de acuerdo a la prueba de Kolmogorov-Smirnov, como se muestra en las tablas 8 y 9, el tamaño de la muestra sugiere utilizar estadísticos no paramétricos.

Tabla 8.

		VO2max_Ciclo	VO2max_Queens	VO2max_Tres
N		24	24	24
Parámetros normales ^{a,b}	Media	29,851533	30,255245	30,255245
	Desviación típica	4,4854461	2,7977832	2,7977832
Diferencias más extremas	Absoluta	,116	,146	,146
	Positiva	,116	,146	,146
	Negativa	-,094	-,066	-,066
Z de Kolmogorov-Smirnov		,569	1,345	,717
Sig. asintót. (bilateral)		,902	,054	,683

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Consumo de Oxígeno

- a. La distribución de contraste es la Normal.
b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla 9.

		Queens	Tres	Ciclo
N		24	24	24
Parámetros normales ^{a,b}	Media	86,9824	87,4648	91,0913
	Desviación típica	7,07984	5,05041	4,98018
Diferencias más extremas	Absoluta	,166	,102	,121
	Positiva	,140	,087	,083
	Negativa	-,166	-,102	-,121
Z de Kolmogorov-Smirnov		,816	,498	,593
Sig. asintót. (bilateral)		,519	,965	,873

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el % FC

- a. La distribución de contraste es la Normal;
b. Se han calculado a partir de los datos.

A partir del análisis mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Tabla 10 y 11) para muestras relacionadas, al comparar cada una de las pruebas submaximales en escalón con la prueba maximal en cicloergómetro, se identificó que existe relación en los resultados de $VO_2\text{max}$ obtenidos en cicloergómetro y los de la prueba de Tres Minutos donde $p > 0,05$ ($p = 0.530$). Mientras que al comparar el $VO_2\text{max}$ de la prueba en cicloergómetro y la prueba de Queen's Collegue en escalón existen diferencias estadísticamente significativas, como al comparar entre si las dos pruebas submaximales en escalón. Esto permite aceptar la hipótesis alternativa, que no existe relación entre los valores de $VO_2\text{max}$ de la prueba en cicloergómetro y el $VO_2\text{max}$ de la prueba de Queen's Collegue obtenido mediante la ecuación predictiva utilizada en esta investigación, tomada de la referencia original del test (McArdle W., Katch F., & Pechar G., 1972), así como tampoco existe relación entre los resultados de las dos pruebas en escalón.

Tabla 10.

		N	Media	Suma de Rangos
VO ₂ max QUEENS - VO ₂ max-CICLO	Rangos Negativos	2 ^a	1.50	3.00
	Rangos Positivos	22 ^b	13.50	297.00
	Empates	0 ^c		
	Total	24		
VO ₂ max-TRES - VO ₂ max- CICLO	Rangos Negativos	11 ^d	11.64	128.00
	Rangos Positivos	13 ^e	13.23	172.00
	Empates	0 ^f		
	Total	24		
VO ₂ max-TRES - VO ₂ max QUEENS	Rangos Negativos	24 ^g	12.50	300.00
	Rangos Positivos	0 ^h	.00	.00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	24		

Prueba de rangos señalados de Wilcoxon para el VO₂max

- a. VO₂max QUEENS < VO₂max-CICLO; b. VO₂max QUEENS > VO₂max-CICLO; c. VO₂max QUEENS = VO₂max-CICLO; d. VO₂max-TRES < VO₂max-CICLO ; e. VO₂max-TRES > VO₂max-CICLO; f. VO₂max-TRES = VO₂max-CICLO; g. VO₂max-TRES < VO₂max QUEENS; h. VO₂max-TRES > VO₂max QUEENS; i. VO₂max-TRES = VO₂max QUEENS

Tabla 11.

	VO ₂ max QUEENS - VO ₂ max-CICLO	VO ₂ max-TRES - VO ₂ max-CICLO	VO ₂ max-TRES - VO ₂ max QUEENS
Z	-4.200 ^a	-.629 ^a	-4.286 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.530	.000

Estadísticos de la prueba de Wilcoxon (VO₂max)

a. Basado en rangos negativos; b. Basado en rangos positivos.

Por otra parte, al comparar los porcentajes de trabajo alcanzados se identificó que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las pruebas en escalón (Queens y Tres minutos) ($P=0.867$; $P>0.05$) y que entre el % de la FC del cicloergómetro comparado con cada una de las pruebas en escalón si hay diferencias ($P=0.000$; $P<0.05$), pudiendo concluir que las pruebas en escalón cumplirían el criterio independiente para ser submaximales, con diferencia estadísticamente significativa del % alcanzado en la prueba en cicloergómetro, pudiendo considerarse como maximales (Tabla 12 y 13). Es importante mencionar, que los datos obtenidos por percepción subjetiva del esfuerzo utilizando la Escala de Borg, pueden validar esta afirmación, ya que los sujetos reportan un Borg máximo en la prueba de cicloergómetro.

Al analizar con los datos del VO_2 , donde se encuentra que no hay diferencias entre el Cicloergómetro y la prueba de Tres minutos, se podría decir que existe la relación o dependencia entre la frecuencia cardíaca alcanzada con los valores de VO_2 estimados.

Tabla 12.

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Queens – Ciclo	Rangos negativos	18 ^a	13,19	237,50
	Rangos positivos	6 ^b	10,42	62,50
	Empates	0 ^c		
	Total	24		
Tres – Ciclo	Rangos negativos	19 ^d	12,37	235,00
	Rangos positivos	4 ^e	10,25	41,00
	Empates	1 ^f		
	Total	24		
Tres – Queens	Rangos negativos	13 ^g	10,19	132,50
	Rangos positivos	10 ^h	14,35	143,50
	Empates	1 ⁱ		
	Total	24		

Prueba de rangos señalados de Wilcoxon para el % de la FC

a. Queens < Ciclo; b. Queens > Ciclo; c. Queens = Ciclo; d. Tres < Ciclo; e. Tres > Ciclo; f. Tres = Ciclo; g. Tres < Queens; h. Tres > Queens; i. Tres = Queens

Tabla 13.

	Queens - Ciclo	Tres – Ciclo	Tres - Queens
Z	-2,500 ^a	-2,950 ^a	-,167 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,012	,003	,867

Estadísticos de la prueba de Wilcoxon (%FC)

a. Basado en los rangos positivos; b. Basado en los rangos negativos.

Porcentaje de trabajo y Consumo máximo de oxígeno

La relación establecida entre los valores de frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno se ha establecido en los textos de fisiología del ejercicio o

del trabajo físico, desde la comprensión de la ley de Fick (Astrand P., & Rodahl K., 1992; McArdle B., Katch F. & Katch V., 2004; Fardy P. & Yanowitz F., 1995), donde el VO_2 depende del gasto cardíaco y de la diferencia arterio-venosa, y el gasto cardíaco, a su vez, de la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico.

Sin embargo, las respuestas hemodinámicas y ventilatorias dependen del tipo de ejercicio realizado (López J. & Fernández A., 2006). En el caso de las pruebas de carga incremental, como la realizada en el cicloergómetro mediante el protocolo de esfuerzo maximal de Astrand, donde a mayor intensidad del ejercicio, expresada por el porcentaje de la frecuencia cardíaca alcanzado, mayor VO_2 . Este comportamiento deja de ser lineal, una vez el consumo de oxígeno describe una meseta con relación a la intensidad del ejercicio. Para efectos de la investigación, donde no se contó con observación y medición directa de la cinética del VO_2 , el análisis se restringe al valor máximo de la frecuencia cardíaca alcanzada, considerando el valor obtenido de VO_2 como consumo de oxígeno pico (VO_{2pico}), con una media de 91.09% de la frecuencia cardíaca de trabajo en la prueba en Cicloergómetro.

Teniendo en cuenta que la determinación de la capacidad cardiorrespiratoria para esta investigación fue de manera indirecta, las pruebas realizadas en el cicloergómetro se consideraron máximas, según Segovia J, López-Silvarrey F. y Legido J. (2008), ya que los individuos en estudio llegaron a punto de agotamiento que no les permitió mantener la carga de trabajo a la que eran sometidos.

Entre los factores influyentes, se consideran los mecanismos periféricos limitantes del $VO_2\text{max}$ asociados al bajo nivel de acondicionamiento físico, a pesar de reportar en la evaluación del nivel de actividad física, mediante la aplicación del IPAQ, niveles moderados a altos de actividad física en los dominios principales de la vida cotidiana de los sujetos participantes de la investigación. El bajo nivel de condición física de los sujetos se define por la falta de práctica regular y sistemática de ejercicio físico, identificada en la indagación de hábitos de vida. Salvo los participantes del género masculino, el total de la muestra presenta esta característica.

Otra explicación de los factores periféricos, se relaciona con la fatiga muscular localizada en miembros inferiores, como una desventaja de las pruebas en cicloergómetro y parte en las pruebas de escalón (ACMS, 2010), que fue referida por la mayoría de los sujetos valorados, lo que restringió el mantenimiento de la carga, durante las pruebas de ejercicio aplicadas, particularmente durante el protocolo de ejercicio de carga incremental.

Por otra parte, en las pruebas de ejercicio de carga constante, como las realizadas en escalón, definidas como submáximas de acuerdo a la intensidad de ejercicio esperada, López J. y Fernández A., (2006) describen un incremento del $VO_2\text{max}$ desde el inicio del ejercicio hasta alcanzar un estado estable en aproximadamente tres minutos, tiempo de duración de las pruebas del estudio, que lo denominan como el componente rápido del $VO_2\text{max}$. Esto sucede en ejercicios de intensidades por debajo del umbral láctico, lo cual no fue determinado en esta investigación.

Al establecer la relación entre el porcentaje de la frecuencia cardíaca y el consumo máximo de oxígeno (Tabla 14) se encontró que para las pruebas de cicloergómetro y la de Tres minutos en escalón $P > 0.05$ ($P = 0.120$ y $P = 0.252$, respectivamente), sugiriendo que no existen diferencias significativas entre el porcentaje de la frecuencia cardíaca alcanzado en cada prueba con el VO_{2max} estimado para las mismas. Por el contrario, el valor de P para la prueba de Queen's College fue menor del nivel de significancia determinado $P = 0.000$ ($P < 0.05$), lo cual permite comprobar que existe diferencias significativas entre el % de FC y el VO_{2max} estimado, por lo tanto no hay correlación entre las variables comparadas para esta prueba en escalón.

Tabla 14.

			VO2Ciclo	% Ciclo
Rho de Spearman	VO2Ciclo	Coeficiente de correlación	1,000	,120
		Sig. (bilateral)	.	,576
		N	24	24
	Ciclo	Coeficiente de correlación	,120	1,000
		Sig. (bilateral)	,576	.
		N	24	24
			% Tres	VO2Tres
Rho de Spearman	Tres	Coeficiente de correlación	1,000	-,243
		Sig. (bilateral)	.	,252
		N	24	24
	VO2Tres	Coeficiente de correlación	-,243	1,000
		Sig. (bilateral)	,252	.
		N	24	24
			% Queens	VO2Queens
Rho de Spearman	Queens	Coeficiente de correlación	1,000	-,941**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	24	24
	VO2Queens	Coeficiente de correlación	-,941**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	24	24

Tabla 14.

			VO2Ciclo	% Ciclo
Rho de Spearman	VO2Ciclo	Coeficiente de correlación	1,000	,120
		Sig. (bilateral)	.	,576
		N	24	24
	Ciclo	Coeficiente de correlación	,120	1,000
		Sig. (bilateral)	,576	.

Correlaciones no Paramétricas (Rho de Spearman) para el VO2max y el % de la FCmax

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Finalmente, lo que se puede deducir de estos resultados y su respectivo análisis es que los valores de VO₂ obtenidos mediante la ecuación regresiva para la prueba de Queen's College tienen poca relación con los datos de la prueba maximal en cicloergómetro y de la prueba en escalón de Tres minutos, reconociendo la necesidad de establecer más mediciones a una muestra más amplia, para poder extrapolar los datos y generar una ecuación de regresión lineal para esta población particular.

Discusión

El objetivo principal de este estudio era establecer la relación que existe entre la aplicación de una prueba de ejercicio maximal en cicloergómetro y una prueba de ejercicio submaximal en escalón para la valoración de la capacidad aeróbica máxima mediante la estimación del consumo de oxígeno máximo. Algunos estudios han establecido la relación utilizando el test de Queen's College para medir de forma indirecta el $VO_2\text{max}$ y una prueba en cicloergómetro midiendo directamente esta variable ventilatoria (Chatterjee S. et al., 2004) lo que difiere este estudio, donde los valores de $VO_2\text{max}$ fueron estimados indirectamente por ecuaciones regresivas. En esa investigación, se encontró una alta correlación entre las variables de frecuencia cardíaca de recuperación y el $VO_2\text{max}$, a diferencia de esta.

En el estudio realizado por Zwiren y cols (1991) se estableció una alta correlación entre los criterios de $VO_2\text{max}$ al comparar cinco pruebas de ejercicio submáximos en cicloergómetro, en banda y tres pruebas de campo en treinta y ocho mujeres de 30 a 39 años, utilizando métodos como nomogramas y extrapolación. En la presente investigación, se compararon pruebas maximales y submaximales, y los métodos de estimación del $VO_2\text{max}$ fueron mediante tres ecuaciones diferentes, una para cada protocolo de valoración.

En términos de la metodología utilizada, algunas investigaciones (Hartung G. et al, 1993) compararon muestras no relacionadas, encontrando alta correlación entre el consumo de oxígeno medido directamente en laboratorio y el predicho en pruebas submáximas de carga constante en cicloergómetro.

Otras investigaciones más recientes (Faulkner J. et al, 2007; Eston R. et al., 2006) utilizaron igualmente métodos indirectos de VO_2 max a partir de la respuesta cronotrópica submáxima, como se comparó en esta investigación, encontrando que no existen diferencias significativas entre el porcentaje de la frecuencia cardíaca alcanzado en cada prueba con el VO_2 max estimado para las pruebas de cicloergómetro y la de Tres minutos en escalón $P > 0.05$ ($P = 0.120$ y $P = 0.252$, respectivamente).

La relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno estimado fue también evaluado en el estudio de Blanco y cols (2009) en 27 sujetos con Enfermedad Pulmonar Intersticial Difusa e Hipertensión Pulmonar, encontrando que los valores de VO_2 pico fueron similares en las dos pruebas (cicloergómetro con carga incremental y caminata de 6 minutos), a pesar que posiblemente las cargas de trabajo generadas fueron diferentes, y el esfuerzo realizado en la prueba de 6 minutos fue considerado como máximo en esta población. Esta situación fue evaluada en nuestro estudio, estableciendo una correlación positiva entre las pruebas en cicloergómetro y la prueba de tres minutos en escalón.

En el estudio de Chatterjee S. et al (2004) se diseñó otra ecuación predictiva para hombres jóvenes de la India, para valorar la aplicabilidad de la prueba de Queen's Collegue en esa población particular. Además, Alba (2006) describe otra referencia de ecuación predictiva del VO_2 max para este test. Esto sugiere la necesidad de diseñar ecuaciones que permitan estimar de forma más segura el nivel de VO_2 max en la población objeto a fin de comprobar la hipótesis de esta investigación.

A partir de los resultados de esta investigación se puede sugerir para otros estudios, la aplicación de la ecuación diseñada por el ACSM (2010) para pruebas de escalón, utilizada en este estudio para estimar el VO_{2max} en la prueba de Tres minutos, que cumplan con cadencias entre 12 y 30 ciclos por minuto, y alturas de escalón entre 0.04 y 0.40 metros.

Finalmente, algunos investigadores (Tierney M. et al, 2010; McArdle B. et al, 2004; Larsen A. et al, 2001; Hartung G. et al, 1995; Ramírez y Delgado, 2008), coinciden en la amplia ventaja de utilizar métodos económicos de fácil acceso como las pruebas indirectas submáximas que requieren ecuaciones predictivas, tal como se planteó en esta investigación. Sin embargo, cuestionan los niveles de predicción y la estimación de errores, que puedan afectar la confiabilidad de los datos. Aquí, se considera que existen varias condiciones que se deben analizar en el momento de seleccionar el tipo de prueba a utilizar, y quizá la primera de ellas tiene que ver con el objetivo que tiene el evaluador al aplicar la prueba. Adicionalmente, y no en orden de importancia, se debe definir las características de la población, como el tipo de riesgo cardiovascular que presente, la ocupación (si es deportista), el nivel de entrenamiento y/o experiencia, la edad, el género, las características antropométricas, entre otra serie de factores que pueden ser determinantes en la obtención de resultados confiables, seguros y lo más reales posibles de la condición física de la persona.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que la utilización de pruebas submaximales que reflejen indirectamente el comportamiento de interacción fisiológica de la aptitud cardiorrespiratoria, de manera segura y eficiente, utilizando métodos sencillos, económicos y prácticos, sugiere una posibilidad de valoración al alcance, en diversos contextos. No obstante, se debe considerar el nivel de confiabilidad y validez de las pruebas a aplicar acorde a la población objeto, lo que puede determinar el margen de error en la estimación de los resultados.

Las características de la población deben ser analizadas detenidamente en el momento de seleccionar las pruebas, ya que de ellas depende que los resultados sean válidos y confiables, de acuerdo la pertinencia de los test utilizados. En este sentido, la estratificación del riesgo cardiovascular y definir cuál es el objetivo al valorar la cualidad física cardiorrespiratorias son procedimientos fundamentales previos. Además, se debe considerar los métodos que se utilizan en las pruebas para estimar o medir el nivel de consumo de oxígeno, si son directos o indirectos (nomogramas, ecuaciones predictivas).

La definición de una prueba maximal para determinar la capacidad aeróbica además de considerar el porcentaje de trabajo a partir de la frecuencia cardíaca máxima, los criterios de percepción subjetiva del esfuerzo reportados por cada sujeto, como manifestar no poder mantener la carga de trabajo y referir valores

en la escala de Borg máximos, son tenidos en cuenta y permiten afirmar que el desarrollo del esfuerzo cumple con criterios de maximidad.

Finalmente, debido a que este estudio es de tipo descriptivo, que el muestreo fue realizado a conveniencia y el tamaño de la muestra, los resultados del mismo no podrían extrapolarse a otras poblaciones, por lo que se recomienda realizar nuevos estudios que permitan confirmar la relación del consumo de oxígeno determinado mediante pruebas de ejercicio maximal y pruebas de escalón, utilizando ecuaciones predictivas seguras y confiables, que se ajusten a la población.

Referencias

- American Physical Therapy Association (2001). Guide to Physical Therapist Practice. Journal of Physical Therapy.
- American College of Sports Medicine. (2010). Health-related physical fitness assessment manual. 3a edición. Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2006). Guidelines for exercise testing and prescription. 7a edición. Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2010). Guidelines for exercise testing and prescription. 8a edición. Lippincott Williams & Wilkins.
- Aguilar S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco. Vol.11, No. 1 y 2.
- Alba A. (2006) Evaluación y prescripción del ejercicio para instructores de acondicionamiento físico. Cali, Colombia
- Ashley C. (1997). A modified step test based on a function of subjects' stature. Perceptual and Motor Skills. 85(3 Pt 1):987-93.
- Astrand P., y Rodahl K. (1992) Fisiología del trabajo físico. 3ª edición. Editorial Médica Panamericana.
- Blanco I. (2009). Consumo máximo de oxígeno durante la prueba de marcha de 6 minutos en la enfermedad pulmonar intersticial difusa y en la hipertensión pulmonar. Archivos de bronconeumología. doi:10.1016/j.arbres.2009.12.005

- Buckley J. et al (2004). Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. *Br. J. Sports Med.* 38; 197-205
- Casajús J., Piedrafita E. y Aragonés M. (2009) Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte.* Vol 9, No. 35: 217-231
- Chatterjee S. et al (2004) Validity of Queen's College step test for use with young Indian men. *Br. J. Sports Med.* 38; 289-291
- Dawson-Saunders B. y Trapp R. (1997). *Bioestadística médica. Editorial Manual Moderno. México*
- Eisfeld G. Leite N. (2009). Comparacao das Variaveis Cardiorrespiratorias de Adolescentes Obesos e nao Obesos em Esteira e Bicicleta Ergometrica. *Rev Bras Med Esporte – Vol. 15, No 4*
- Eston R. et al (2006). The validity of predicting maximal oxygen uptake from perceptually regulated graded exercise tests of different durations. *European Journal of Applied Physiology.* 97: 535–541
- Fardy P. y Yanowitz F. (1995) *Cardiac rehabilitation, adult fitness and exercise testing.* 3a edición. Williams & Wilkins
- Faulkner J. (2007). Prediction of maximal oxygen uptake from the ratings of perceived exertion and heart rate during a perceptually-regulated sub-maximal exercise test in active and sedentary participants. *European Journal of Applied Physiology.* 101(3):397-407.
- Fletcher G. et al (2001). *Exercise Standards for Testing and Training. AHA Scientific Statement.* *Circulation.* 104:1694-1740.

- Gellish, R. et al. (2007). Longitudinal Modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.
- George J. et al. (1997). Nonexercise VO₂max estimation for physically active college students. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 29:415
- Hartung G. (1995). Estimation of aerobic capacity from submaximal cycle ergometry in women. *Medicine Science and Sports Exercise*. 27(3):452-7
- Hartung G. (1993). Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal exercise testing in aerobically fit and nonfit men. *Aviat Space Environ Med*. 64(8):735-40
- Hernández M. (1997). Comparison of a shuttle walking test with an exertion test with cycloergometer in patients with COPD. *Arch Bronconeumol*. 33(10):498-502.
- Heyward V. (2008) Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio. 5ª edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- Olson M. (1995). A test to estimate VO₂max in females using aerobic dance, heart rate, BMI, and age. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 35(3):159-68.
- Larsen A. et al. (2001). Assessing the effect of exercise training in men with heart failure. Comparison of maximal, submaximal and endurance exercise Protocols. *European Heart Journal*. 22, 684–692
- Lauer, M. et al. (2005). Exercise Testing in Asymptomatic Adults. *Circulation*, 112, 771-776.

- López J. y Fernández A. (2006) Fisiología del ejercicio. 3ª edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina
- Martínez J. (2002). Pruebas de aptitud física. Editorial Paidotribo
- McArdle W., Katch F., Pechar G. (1972). Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step test scores in college women. *Med Sci Sports Exerc*;4:182–6
- McArdle B., Katch F. y Katch V. (2004). Fundamentos de fisiología del ejercicio. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid, España
- Molina, González, Arcay & Galván (s.f). Evaluación de la máxima función cardiorrespiratoria por medio de pruebas de esfuerzo indirectas. Disponible en: <http://www.portalfitness.com/Nota.aspx?j=454>
- Moura A. et al (2009). Comparacao Entre Ergometros Especifico e Convencionais na Determinacao da Capacidade Aerobia de Mesatenistas. *Rev Bras Med Esporte – Vol. 15, No 3*
- Noonan V, Dean E. (2000) Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Physical Therapy. 80:782– 807*
- Ramírez R. y Delgado P. Análisis comparativo de las ecuaciones desarrolladas por Jackson et al y por el American College of Sports Medicine para predecir el consumo máximo de oxígeno en estudiantes de fisioterapia. *Fisioterapia. Vol. 30, No. 1.*
- Segovia J, López-Silvarrey F. y Legido J. (2008) Manual de valoración funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos. 2ª edición. Elsevier. Madrid, España.

- Siahkouhian M. (2009). Impact of height on the prediction of maximum oxygen consumption in active Young men. *Journal of Applied Sciences*. Vol. 9, No.12.
- Tristan A. y Vidal R. (2006). *Manual de fórmulas de correlación*. Editorial Trafford.
- Tanaka H. et al (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. Vol. 37, No. 1.
- Tierney M. et al (2010) Prediction of Aerobic Capacity in Firefighters Using Submaximal Treadmill and Stairmill Protocols. *Journal of strength and conditioning research*. 24(3): 757-764
- Viana B. et al (2009). Comparación del VO₂max y del tiempo hasta el agotamiento en dos modalidades de ejercicio en triatletas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. Vol 2, No. 1: 7-11
- Wasserman K., Hansen J., Sue D., Stringer W. y Whipp B. (2005). *Principles of exercise testing and interpretation*. 4a edición. Lippincott Williams & Wilkins.
- Wasserman K., Van Kessel A. y Burton G. (1967) Interaction of physiological mechanisms during exercise. *J. Appl. Physiol*. 22(1): 71-85
- Wayne D. (1993). *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Editorial Limusa. México
- Wilmore J., y Costill D. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Zwiren L. (1991). Estimation of VO₂max: a comparative analysis of five exercise tests. *Research quarterly for exercise and sport*. 62(1):73-8.

ANEXO A

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO MEDIANTE PRUEBAS DE EJERCICIO MAXIMALES Y SUBMAXIMALES

CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN DE VOLUNTARIOS

INTRODUCCIÓN

Este documento tiene información sobre un estudio en el que se le ha propuesto participar y cuyo objetivo es establecer las relaciones entre los valores del consumo de oxígeno medido durante una prueba de esfuerzo máximo y los valores de consumo de oxígeno estimados a partir de pruebas de esfuerzo submáximo.

Para la valoración de la capacidad aeróbica existen innumerables pruebas que buscan medir o estimar el consumo de oxígeno máximo, como el parámetro más válido para identificar y analizar la eficiencia con la que trabaja el sistema cardiopulmonar. La evaluación de este atributo del movimiento requiere de test específicos que generen un estrés fisiológico que demande respuestas cardiopulmonares oportunas y eficientes. El seguimiento y control de tales respuestas debe minimizar los riesgos y sesgos en la obtención de los datos, asegurando un estímulo específico de tendencia del metabolismo oxidativo.

Algunas de dichas pruebas son de alto costo por los equipos requeridos, lo que genera una restricción para su uso, mientras existen otras de menor costo y mejor acceso, con datos indirectos que permiten orientar la toma de decisiones. De esta manera, al establecer la relación con pruebas maximales que midan o estimen los valores del consumo máximo de oxígeno, se pretende aportar evidencias para la utilización de pruebas submaximales de capacidad aeróbica de fácil acceso y aplicación dirigidas a individuos o grupos de nuestra población, permitiendo el uso de pruebas de bajo costo, fácil acceso, con criterios de validez y confiabilidad que respalden su utilización en diferentes escenarios de la intervención fisioterapéutica.

- **Lea detenidamente la información que a continuación le detallamos, consulte con quién crea necesario y pregunte cualquier duda.**
- **Su participación en el estudio solo es posible si entiende perfectamente el objetivo, justificación, procedimientos, riesgos y derechos contemplados en esta hoja de información.**

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

En el estudio van a participar voluntarios seleccionados mediante muestreo por conveniencia de la población global de la Institución Universitaria Iberoamericana. Los procedimientos son:

Se realizará un examen físico (signos vitales, peso, talla), lo cual permitirá un conocimiento previo de la condición de salud. Posteriormente, se realizará un registro de ingreso y apertura de historia clínica, un formato de consentimiento informado para la investigación, un tamizaje pre-participación de la AHA/ACSM, se clasificará el nivel de

actividad física según el cuestionario - International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) y por último se hará la estratificación del riesgo cardiovascular según la American Heart Association (AHA).

A la muestra de la población seleccionada se aplicarán dos tipos de pruebas para valorar la capacidad aeróbica: una prueba de tipo maximal realizada en cicloergómetro utilizando como principal criterio la frecuencia cardíaca máxima teórica (indirecta) o de forma directa y pruebas de tipo submaximal aplicadas en un escalón. A partir de los test se estima el consumo de oxígeno máximo mediante la aplicación de las ecuaciones predictivas definidas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, 2010) y se correlacionan los datos de consumo máximo de oxígeno obtenido en las pruebas.

MOLESTIAS Y RIESGOS DURANTE SU PARTICIPACIÓN

La investigación es de riesgo mínimo, considerando la resolución No. 008430 de 1993. Existe la posibilidad de que ocurran ciertos cambios durante las pruebas. Estos incluyen tensión arterial anormal, frecuencia cardíaca irregular, rápida o lenta, mareos, vértigo, temblores, desmayos y en pocas ocasiones, ataques del corazón, accidentes cerebrovasculares o la muerte. El Colegio Americano de Medicina del Deporte (2010) reporta un bajo riesgo de eventos cardíacos durante las pruebas de 6 por cada 10000. Dichos eventos incluyen infarto agudo del miocardio, fibrilación ventricular, hospitalización y muerte.

La información que usted brinde sobre su condición de salud o experiencias previas de síntomas cardíacos relacionados (falta de aire con bajo nivel de actividad, dolor, presión, opresión, pesadez en el pecho, cuello, mandíbula y/o brazos) con el esfuerzo físico puede afectar la seguridad en la realización de las pruebas. La notificación rápida de estos y de otros síntomas inusuales con el esfuerzo durante la prueba de ejercicio es muy importante. Usted es responsable de dar a conocer completamente su historial médico, así como los síntomas que pueden ocurrir durante la prueba. También se espera que informe de todos los medicamentos (incluidos los de venta libre) tomados recientemente y, en particular, aquellos tomados hoy.

PARTICIPACIÓN / RETIRADA VOLUNTARIA DEL ESTUDIO

La participación es voluntaria y en el caso de que se decida no participar, no implica ningún tipo de problema.

PREGUNTAS E INFORMACIÓN

Cualquier nueva información referente al estudio podrá ser consultada con el Ft. César A. Niño H. en el teléfono 316 8202916 o en la Facultad de Cinética Humana de la Institución Universitaria Iberoamericana.

CONFIDENCIALIDAD Y PRIVACIDAD

Los resultados del estudio se manejarán con la más estricta garantía de confidencialidad, y se dedicará exclusivamente al estudio; los datos no serán utilizados para otro estudio diferente al señalado. La información, los datos y resultados obtenidos del estudio, serán utilizados para un proyecto de investigación y posiblemente para publicaciones posteriores, sin embargo se protegerá en todo momento la identidad de los participantes. Así mismo a estos datos tendrán acceso exclusivo los investigadores del estudio.

REVISIÓN ÉTICA

El estudio se llevará a cabo de acuerdo a las recomendaciones dadas para Investigaciones y ha sido aprobado por el Comité de Ética del Centro de Investigaciones de la Institución Universitaria Iberoamericana.

NOMBRE DEL VOLUNTARIO _____

FIRMA DEL VOLUNTARIO _____

NOMBRE DEL INVESTIGADOR _____

FIRMA DEL INVESTIGADOR: _____

FECHA: _____

ANEXO B
PROYECTO DE INVESTIGACION 1261
ESTIMACIÓN CONSUMO DE OXÍGENO MEDIANTE
PRUEBAS DE EJERCICIO MAXIMAL Y SUBMAXIMAL

TAMIZAJE PRE-PARTICIPACIÓN

Nombre completo							
Edad (años)				F		M	
E-mail			Teléfono			Dirección	
Horario	Ln	Mt	Mc	Jv	Vn	AM	PM

Cuestionario revisado "Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q)		
	SI	NO
1. ¿Alguna vez el médico le ha dicho que usted tiene un problema en el corazón y le recomienda solamente actividad física supervisada por un médico?		
2. ¿Le duele el pecho cuando hace actividad física?		
3. Estando en reposo ¿Le ha dolido el pecho en el último mes?		
4. ¿Pierde el equilibrio debido a mareos o alguna vez ha perdido la conciencia?		
5. ¿Tiene algún problema en los huesos o en las articulaciones que pueda empeorar por las actividades físicas propuestas?		
6. ¿Alguna vez el médico le ha indicado tomar medicinas para la presión arterial o el corazón?		
7. ¿Sabe usted, ya sea por su propia experiencia o porque el médico se lo haya indicado, de cualquier otra razón física que le impida realizar ejercicio sin la debida supervisión médica?		

Si respondió "SI" en cualquiera de las preguntas, usted debe asegurarse de la presencia de factores de riesgo, utilizando el Cuestionario de Monitoreo Pre-participación de la AHA/ACSM

Si respondió "NO" en todas las preguntas, por favor aplique el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ)

ANEXO C

Cuestionario de Monitoreo Pre-participación de la AHA/ACSM (AHA/ACSM significa American Heart Association/American College of Sports Medicine)	
Determine sus necesidades de salud marcando las opciones que mejor describen su condición	
<i>Historial</i>	
<p>¿Alguna vez ha tenido:</p> <p><input type="checkbox"/> un ataque cardíaco</p> <p><input type="checkbox"/> cirugía en el corazón</p> <p><input type="checkbox"/> angioplastia coronaria</p> <p><input type="checkbox"/> marcapasos/desfibrilador cardíaco implantable/ disturbios en el ritmo cardíaco</p> <p><input type="checkbox"/> enfermedad de las válvulas del corazón</p> <p><input type="checkbox"/> fallo cardíaco</p> <p><input type="checkbox"/> trasplante del corazón</p> <p><input type="checkbox"/> enfermedad cardíaca congénita</p>	<p><i>Si ha marcado cualquiera de las opciones de esta sección, tiene que consultar a su médico antes de empezar a realizar ejercicio. Puede que necesite ir a un lugar donde haya personal médico calificado.</i></p>
<p><i>Síntomas</i></p> <p><input type="checkbox"/> Siente molestias en el pecho cuando realiza esfuerzos físicos</p> <p><input type="checkbox"/> Le cuesta respirar sin razón alguna</p> <p><input type="checkbox"/> Se marea, se desmaya o se siente desorientado</p> <p><input type="checkbox"/> Toma medicinas para el corazón</p>	<p>Otros aspectos de la salud:</p> <p><input type="checkbox"/> Tiene problemas músculo esqueléticos</p> <p><input type="checkbox"/> Se preocupa por la seguridad del ejercicio que va a realizar</p> <p><input type="checkbox"/> Toma medicinas que le ha prescrito el médico</p> <p><input type="checkbox"/> Está embarazada</p>
<i>Factores de riesgo cardiovasculares</i>	
<p><input type="checkbox"/> Es un hombre mayor de 45 años.</p> <p><input type="checkbox"/> Es una mujer mayor de 55 años o ha tenido una histerectomía o es postmenopáusica.</p> <p><input type="checkbox"/> Fuma.</p> <p><input type="checkbox"/> Su presión arterial es mayor de 140/90.</p> <p><input type="checkbox"/> Desconoce su presión arterial.</p> <p><input type="checkbox"/> Toma medicinas para la presión arterial.</p> <p><input type="checkbox"/> Su nivel de colesterol es mayor de 240 mg/dl.</p> <p><input type="checkbox"/> Desconoce su nivel de colesterol.</p> <p><input type="checkbox"/> Tiene un familiar muy cercano que ha tenido un ataque cardíaco antes de los 55 años (papá o hermano) o de los 65 años (mamá o hermana).</p> <p><input type="checkbox"/> Es diabético o toma medicinas para controlar sus niveles de azúcar en la sangre.</p> <p><input type="checkbox"/> Es usted una persona sedentaria (es decir, no realiza por lo menos 30 minutos de actividad física al menos 3 días a la semana).</p> <p><input type="checkbox"/> Tiene más de 20 libras de sobrepeso.</p>	<p><i>Si ha marcado dos o más de las opciones de esta sección, debería consultar a su médico antes de comenzar a hacer ejercicio. Podría obtener beneficios si asiste a un lugar donde exista personal profesionalmente preparado para que guíe su programa de ejercicios.</i></p>
<p><input type="checkbox"/> Ninguna opción anterior es válida</p>	<p><i>Debería ser capaz de realizar ejercicio de manera segura sin tener que consultar a un médico en cualquier instalación deportiva que cumpla con las necesidades de su programa de ejercicios.</i></p>

Si en los factores de riesgo cardiovascular marco con una X alguno de los criterios resaltados en negro, aplique el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ).

ANEXO D
CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA
(Octubre de 2002)
VERSIÓN LARGA FORMATO AUTO ADMINISTRADO -
ÚLTIMOS 7 DÍAS
PARA USO CON JÓVENES Y ADULTOS DE MEDIANA EDAD (15-69 años)

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que la gente hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los **últimos 7 días**. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte.

Piense acerca de todas aquellas actividades **vigorosas** y **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **vigorosas** son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal.

PARTE 1: ACTIVIDAD FÍSICA RELACIONADA CON EL TRABAJO

La primera sección es relacionada con su trabajo. Esto incluye trabajos con salario, agrícola, trabajo voluntario, clases, y cualquier otra clase de trabajo no pago que usted hizo fuera de su casa. No incluya trabajo no pago que usted hizo en su casa, tal como limpiar la casa, trabajo en el jardín, mantenimiento general, y el cuidado de su familia. Estas actividades serán preguntadas en la parte 3.

1. ¿Tiene usted actualmente un trabajo o hace algún trabajo no pago fuera de su casa?
 Sí No **Pase a la PARTE 2: TRANSPORTE**

Las siguientes preguntas se refieren a todas las actividades físicas que usted hizo en los **últimos 7 días** como parte de su trabajo pago o no pago. Esto no incluye ir y venir del trabajo.

2. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas **vigorosas** como levantar objetos pesados, excavar, construcción pesada, o subir escaleras **como parte de su trabajo**? Piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física vigorosa relacionada con el trabajo **Pase a la pregunta 4**
 No sabe/No está seguro(a)

3. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le toma realizar actividades físicas **vigorosas** en uno de esos días que las realiza como parte de su trabajo?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

4. Nuevamente, piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante **los últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo Usted actividades

físicas **moderadas como** cargar cosas ligeras **como parte de su trabajo?** Por favor no incluya caminar.

_____ **días por semana**

No actividad física moderada relacionada con el trabajo **Pase a la pregunta 6**

5. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le toma realizar actividades físicas **moderadas** en uno de esos días que las realiza como parte de su trabajo?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

6. Durante **los últimos 7 días**, ¿Cuántos días **camino** usted por lo menos 10 minutos continuos **como parte de su trabajo?** Por favor no incluya ninguna caminata que usted hizo para desplazarse de o a su trabajo.

_____ **días por semana**

Ninguna caminata relacionada con trabajo **Pase a la PARTE 2: TRANSPORTE**

7. ¿Cuánto tiempo en total pasó generalmente **camino** en uno de esos días como parte de su trabajo?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 2: ACTIVIDAD FÍSICA RELACIONADA CON TRANSPORTE

Estas preguntas se refieren a la forma como usted se desplazó de un lugar a otro, incluyendo lugares como el trabajo, las tiendas, el cine, entre otros.

8. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días **viajó usted en un vehículo de motor** como un tren, bus, automóvil, o tranvía?

_____ **días por semana**

No viajó en vehículo de motor **Pase a la pregunta 10**

9. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **viajando** en un tren, bus, automóvil, tranvía u otra clase de vehículo de motor?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

Ahora piense únicamente acerca de **montar en bicicleta** o **caminatas** que usted hizo para desplazarse a o del trabajo, haciendo mandados, o para ir de un lugar a otro.

10. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días **montó usted en bicicleta** por al menos 10 minutos continuos para **ir de un lugar a otro?**

_____ **días por semana**

No montó en bicicleta de un sitio a otro **Pase a la pregunta 12**

11. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **montando en bicicleta** de un lugar a otro?

_____ **horas por día**

_____ minutos por día
No sabe/No está seguro(a)

12. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos para ir **de un sitio a otro**?

_____ días por semana
No caminatas de un sitio a otro **Pase a la PARTE 3: TRABAJO DE LA CASA, MANTENIMIENTO DE LACASA, Y CUIDADO DE LAFAMILIA**

13. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando** de un sitio a otro?

_____ horas por día
_____ minutos por día
No sabe/No está seguro(a)

PARTE 3: TRABAJO DE LA CASA, MANTENIMIENTO DE LA CASA, Y CUIDADO DE LA FAMILIA

Esta sección se refiere a algunas actividades físicas que usted hizo en los **últimos 7 días** en y alrededor de su casa tal como arreglo de la casa, jardinería, trabajo en el césped, trabajo general de mantenimiento, y el cuidado de su familia.

14. Piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **vigorosas** tal como levantar objetos pesados, cortar madera, palear nieve, o excavar **en el jardín o patio**?

_____ días por semana
Ninguna actividad física vigorosa en el jardín o patio **Pase a la pregunta 16**

15. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **vigorosas** en el jardín o patio?

_____ horas por día
_____ minutos por día
No sabe/No está seguro(a)

16. Nuevamente, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, barrer, lavar ventanas, y rastrillar **en el jardín o patio**?

_____ días por semana
Ninguna actividad física moderada en el jardín o patio **Pase a la pregunta 18**

17. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas** en el jardín o patio?

_____ horas por día
_____ minutos por día
No sabe/No está seguro(a)

18. Una vez más, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted

actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, lavar ventanas, estregar pisos y barrer **dentro de su casa?**

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada dentro de la casa **Pase a la PARTE 4: ACTIVIDADES FÍSICAS DE RECREACIÓN, DEPORTE Y TIEMPO LIBRE**

19. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas** dentro de su casa?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 4: ACTIVIDADES FÍSICAS DE RECREACIÓN, DEPORTE Y TIEMPO LIBRE

Esta sección se refiere a todas aquellas actividades físicas que usted hizo en los **últimos 7 días** únicamente por recreación, deporte, ejercicio o placer. Por favor no incluya ninguna de las actividades que ya haya mencionado.

20. Sin contar cualquier caminata que ya haya usted mencionado, durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días **caminó** usted por lo menos 10 minutos continuos **en su tiempo libre?**

_____ **días por semana**

Ninguna caminata en tiempo libre **Pase a la pregunta 22**

21. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando** en su tiempo libre?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

22. Piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **vigorosas** tal como aeróbicos, correr, pedalear rápido en bicicleta, o nadar rápido en su **tiempo libre?**

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física vigorosa en tiempo libre **Pase a la pregunta 24**

23. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **vigorosas** en su tiempo libre?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

24. Nuevamente, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como pedalear en bicicleta a paso regular, nadar a paso regular, jugar dobles de tenis, **en su tiempo libre?**

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada en tiempo libre **Pase a la PARTE 5: TIEMPO DEDICADO A ESTAR SENTADO(A)**

25. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas** en su tiempo libre?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 5: TIEMPO DEDICADO A ESTAR SENTADO(A)

Las últimas preguntas se refieren al tiempo que usted permanece sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto incluye tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión. No incluya el tiempo que permanece sentado(a) en un vehículo de motor que ya haya mencionado anteriormente.

26. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo permaneció **sentado(a)** en un **día en la semana**?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

27. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo permaneció **sentado(a)** en un **día del fin de semana**?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

Este es el final del cuestionario, gracias por su participación.

ANEXO E RESUMEN DE HISTORIA CLINICA

DATOS PERSONALES	
Apellidos:	Nombres:

Nº Identificación:	Edad:	Fecha Nacimiento (Día/mes/año):
--------------------	-------	---------------------------------

Estado civil:	EPS:	Ocupación:
---------------	------	------------

Dirección:	Teléfono:	E-mail:
------------	-----------	---------

ANTECEDENTES PERSONALES	Quirúrgicos:		Nutricionales:	
	Tóxico alérgicos:		Farmacológicos:	
	Traumatológicos:		Hospitalarios:	

ANTECEDENTES PATOLOGICOS	Osteomusculares:		Cardiovasculares:	
	Metabólicos:		Respiratorios:	
	Neuromusculares:		Integumentarios:	

ANTECEDENTES FAMILIARES:	Maternos:	Paternos:
--------------------------	-----------	-----------

HABITOS DE VIDA	Fuma: SI___ NO	Dejo de Fumar ²		Frecuencia (cigarrillos día):				
	Alcohol: SI___ NO	Cerveza	Vino	Licor	Frecuencia			
	Ejercicio físico: SI___ NO	Tipo ³		Intensidad ⁴	Frecuencia			
	Alimentación	Grasas	Alto	Normal	Bajo	Azucares	Alto	Normal

ESTRATIFICACIÓN DE RIESGO CARDIOVASCULAR – ACSM (2010)

Nivel de actividad física	Bajo		Modera		Alto	
Antropometría	Peso		Talla		IMC	
Factores de riesgo (1 si es positivo; 0 si es negativo)	HF	CI	HTA	DIS	GLU	OB AF
Clasificación del riesgo	Bajo		Modera		Alto	

² Hace menos de seis meses (<6m), hace más de 6 meses (>6m)

³ Saltos, carreras, giros, trote, bicicleta, caminata, baile, fuerza, otro.

⁴ Muy suave (MS), Suave (S), Algo fuerte (AF), Fuerte (F), Muy fuerte (MF)

ANEXO F

**PROYECTO DE INVESTIGACION 1261
ESTIMACIÓN CONSUMO DE OXÍGENO MEDIANTE
PRUEBAS DE EJERCICIO MAXIMAL Y SUBMAXIMAL
FORMATO DE REGISTRO DE EVALUACION**

Nombre completo																
Edad (años)							Género			M			F			
Condiciones Prueba 1	Ro		Su		Al		OI		AF		HI		Ca		Cl	
Condiciones Prueba 2	Ro		Su		Al		OI		AF		HI		Ca		Cl	
Condiciones Prueba 3	Ro		Su		Al		OI		AF		HI		Ca		Cl	

HF. Historia Familiar, Cl, Cigarrillo, HTA, Hipertensión arterial, DIS. Dislipidemia, GLU. Glicemia, OB. Obesidad, AF. Actividad Física, Ro. Ropa, Su. Sueño, Al. Alimentación, OI. Alcohol, HI, Hidratación, Ca. Cafeína,

PRUEBAS DE EJERCICIO

FCmax (Tanaka, 2001) = 208 – (0.7*edad) _____

Prueba No. ____ CICLOERGÓMETRO. Protocolo de Astrand. Fecha: dd ____ mm ____ aa _____

Fase	Tiempo	Carga (w)	FC	TA	Borg	Observación
Reposo						
Calentamiento						
1						
2						
3						
4						
5						

FC. Frecuencia cardíaca, TA. Tensión arterial, Borg. Esfuerzo percibido

Prueba No. ____ ESCALÓN. Protocolo de Queens Collegue. Fecha: dd ____ mm ____ aa _____

Fase	Tiempo	FC	TA	Borg	Observación
Reposo					
Calentamiento					
Final					
1 min post					
2 min post					
3 min post					

Prueba No. ____ ESCALÓN. Modificado de Tres Minutos. Fecha: dd ____ mm ____ aa _____

Fase	Tiempo	Cadencia	FC	TA	Borg	Observación
Reposo		NA				
Calentamiento		NA				
Final						
1 min post		NA				
2 min post		NA				
3 min post		NA				

ACTA DE CESION DE DERECHOS

Yo **CESAR AUGUSTO NIÑO H.**; manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Corporación Universitaria Iberoamericana los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 2 de la Ley 23 de 1982, del proyecto de investigación denominado:

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO MEDIANTE PRUEBAS DE EJERCICIO MAXIMALES Y SUBMAXIMALES

Producto de mi actividad académica, como DOCENTE del Programa de FISIOTERAPIA en la Corporación Universitaria Iberoamericana. La Corporación Universitaria Iberoamericana, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982⁵. En concordancia suscribimos este documento en el momento mismo que hacemos entrega del trabajo final a la Biblioteca General de la Corporación Universitaria Iberoamericana.

Nombre	Firma	Numero de Cedula.
Cesar Augusto Niño Henández		

⁵ “Los derechos del autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en el cual se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias, alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas, o dramático musicales; las obras coreográficas y las pantomimas; las composiciones musicales, con letra o sin ella; las obras cinematográficas a las cuales se asimilan las obras expresadas por procedimientos análogos a la cinematografía, inclusive los videogramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, escultura, grabado, litografía; las obras de artes plásticas, las ilustraciones, mapas, planos, croquis, y obras plásticas relativas a la geografía, a la topografía, a la arquitectura o las ciencias, toda producción del dominio científico, literario o artístico que pueda reproducirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción por fonograma, radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer” (Artículo 30 de la Ley 23 de 1982)

