

**CAPACIDAD PREDICTIVA DE PRUEBAS DE CAMPO PARA EL  
CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO COMO MEDIDA DE LA  
RESISTENCIA CARDIORRESPIRATORIA EN ADULTOS NO  
ENTRENADOS:  
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**AUTORA**

**ANGÉLICA MARÍA GARCÍA GARCÍA**

**ASESORES**

**Mg. SANTIAGO RAMOS BERMÚDEZ**

**Dr. ÓSCAR DAVID AGUIRRE OSPINA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE SALUD  
MAESTRÍA EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL DEPORTISTA  
MANIZALES, NOVIEMBRE DE 2011**

CAPACIDAD PREDICTIVA DE PRUEBAS DE CAMPO PARA EL CONSUMO  
MÁXIMO DE OXÍGENO COMO MEDIDA DE LA RESISTENCIA  
CARDIORRESPIRATORIA EN ADULTOS NO ENTRENADOS:  
REVISIÓN SISTEMÁTICA

AUTORA

ANGÉLICA MARÍA GARCÍA GARCÍA

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER  
EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL  
DEPORTISTA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE SALUD  
MAESTRÍA EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL DEPORTISTA  
MANIZALES, NOVIEMBRE DE 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

A Santiago Ramos Bermúdez, por su dedicación absoluta y apoyo incondicional en la dirección de esta revisión.

A la Dra. María Victoria Benjumea, por el apoyo y motivación para iniciar este trabajo.

A Gloria Inés Marín Orta, siempre presente con su apoyo, consejos, energía y optimismo. Nos das vida permanentemente.

## 1. RESUMEN

Con el objetivo de establecer cuáles son las pruebas de campo que mejor se correlacionan con las mediciones directas (en laboratorio) para la predicción del  $VO_2\text{max}$ , en adultos sanos, de ambos sexos, no entrenados, fue revisada la literatura científica publicada entre 1943 y 2010, en las bases de datos *PubMed*, *Bireme* (Biblioteca Virtual de Salud), *Biblioteca Cochrane*, *ProQuest*, *ScienceDirect*, *Ovid*, *Hinari*, *Ebsco* y *Embase*; así como las bibliotecas de las universidades de Antioquia (Viref), Autónoma de Manizales y de Caldas. Fueron definidos como criterios de inclusión los artículos en inglés, portugués o español, referidos a adultos sanos entre 18 y 64 años de edad, acerca de la validación o confiabilidad de pruebas de campo para la estimación del  $VO_2\text{max}$ .

Se excluyeron artículos que no presentaban pruebas de evaluación, ecuaciones de regresión para el cálculo del  $VO_2\text{max}$ , estar referidos a enfermos o deportistas, evaluar capacidades diferentes a la resistencia cardiorrespiratoria. Los términos de búsqueda fueron *Physical fitness*, *assessment fitness*, *endurance*, *Tecumseh*, *aerobic test*, *VO<sub>2</sub>max*, *Rockport fitness walking test*, *Harvard step test*, *Leger test*, *Brouha*, aptitud física, evaluación de la condición, resistencia, prueba aeróbica,

VO<sub>2</sub>max, consumo máximo de oxígeno, *Rockport test* de aptitud física caminando, prueba de escalón de *Harvard*, prueba de *Léger*, *aptidão física*, *avaliação física*, *resistência*, *aeróbica teste*, *VO<sub>2</sub>max*, *Rockport teste de aptidão andando*, *Harvard teste passo*. En la primera fase de la búsqueda se encontraron 954 artículos, de los cuales fueron eliminados 720 a partir del análisis de títulos; posteriormente fueron leídos los resúmenes por los tres evaluadores independientemente y en los casos de desacuerdo discutió para decidir su inclusión, en algunos casos fueron sometidos a la decisión de un asesor externo.

Con este procedimiento quedaron 20 artículos, los cuales fueron bajados en texto completo para establecer si presentaban ecuaciones de regresión sobre pruebas de campo que midieran el VO<sub>2</sub>max, quedando 5, a los cuales se les hizo el estudio completo de calidad científica, y se concluyó que las pruebas que mejor predecían el VO<sub>2</sub>max en adultos sanos, de ambos sexos, no entrenados son *Rockport Fitness Walking Test* y el de 1,5 millas caminando, trotando o corriendo, que los test de campo funcionan mejor prediciendo valores en hombres, que los estudios mejor realizados son los de *Rockport Walking Test* y *Queen's College Step Test*, que por su calidad metodológica se ordenan así: Kline (1987) caminar una milla, Dolgener (1994) *Rockport Fitness Walking Test*, Larsen (2002) prueba de 1,5 millas caminar, trotar o correr, Díaz (2000) prueba de 1.000 metros, y Chatterjee (2004) *Queen's Collegue Step Test* para hombres.

## **ABSTRACT**

*In order to establish which are the field test that better correlated with direct measurements (laboratory) for the prediction of VO<sub>2</sub>max in healthy adults of both sexes, untrained, was reviewed scientific literature published between 1943 and 2010 in the Medline database, PubMed, ProQuest, The Cochrane Library, Hinari, Ovid, ScienceDirect, Ebsco, Embase, BIREME Health Library and the libraries*

from Universities of Antioquia (Viref), Autónoma de Manizales and from Caldas. Were defined as inclusion criteria the articles in English, Portuguese or Spanish, referring to healthy adults between 18 and 64 years old, about validation or reliability of field test to estimate  $VO_2max$ . Exclusion criteria were no evidence of evaluation, regression equations to calculate  $VO_2max$ , be referred to patients or athletes, different capabilities to evaluate cardiorespiratory endurance. The search terms were Physical fitness, assessment fitness, endurance, Tecumseh, aerobic test,  $VO_2max$ , Rockport fitness walking test, Harvard step test, Leger test, Brouha; Aptitud física, evaluación de la condición, resistencia, Tecumseh, prueba aeróbica,  $VO_2máx$ , consumo máximo de oxígeno, Rockport test de aptitud física caminando, prueba de escalón de Harvard, prueba de Léger, Brouha; aptidão física, avaliação física, resistênciã, Tecumseh, aeróbic test,  $VO_2max$ , Rockport teste de aptidão andando, Harvard teste passo, Leger teste, Brouha in the three languages mentioned. In the first phase of the search items were 954 of 748 which were eliminated from the analysis of titles, abstracts were then read by two reviewers independently and in case of disagreement was the discussion to decide on their inclusion, if unable to reach an agreement were subject to the decision of a consultant, and this procedure were 20 items, which were downloaded in full text to determine if regression equations presented on field trials that measured  $VO_2max$ , remaining five to which were made a complete study of scientific quality, based on which it concluded that the evidence establishing that best predicted  $VO_2max$  in healthy adults of both sexes, are Rockport Fitness Walking and the 1.5-mile walking, jogging or running test, the field test predicting values work best in men, the best studies are Rockport Walking Test and Queen's College Step Test, which for methodological quality are ordered from better so: Kline (1987) walk a mile Dolgener (1994) Rockport Fitness Walking Test, Larsen (2002) test 1.5 miles walking, jogging or running, Diaz (2000) test of 1,000 meters and Chatterjee (2004) Queen's College Step Test for men.

## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El consumo máximo de oxígeno relativo, entendido como la cantidad de oxígeno que puede consumir el organismo por kilogramo de peso corporal y por minuto de trabajo en un esfuerzo máximo, es utilizado como medida de la capacidad cardiorrespiratoria, la cual a su vez es reconocida como reflejo de la salud física, cuyo desarrollo es recomendado en la promoción de la salud y la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, asociadas al sedentarismo (OMS 2009).

Las pruebas de laboratorio (ergoespirometría o ergometría), que permiten medir con mayor precisión el  $VO_2\text{max}$  requieren equipos costosos y sofisticados, el concurso de personal altamente calificado, y un tiempo relativamente prolongado para evaluar individualmente a los sujetos, todo lo cual imposibilita su aplicación a nivel masivo. Por tanto es necesario establecer cuál o cuáles de las pruebas de campo disponibles reúnen los requisitos de calidad que permitan su empleo a nivel poblacional, cumpliendo criterios de calidad científica, que permitan a bajos costos y en tiempo breve, evaluar el  $VO_2\text{max}$ .

### PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la capacidad predictiva de las pruebas de campo disponibles, para calcular el consumo máximo de oxígeno en adultos sanos no entrenados?

### 3. ANTECEDENTES

Desde hace muchos lustros se ha reconocido la importancia de la actividad física para la promoción de la salud y la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. Larsen (2002) expresaba que altos niveles de *fitness* cardiorrespiratorio y actividad física están inversamente relacionados con enfermedad cardíaca, infarto, diabetes, hipertensión y ciertos tipos de cáncer. El componente más importante del *fitness* salud es la resistencia cardiorrespiratoria, por lo que conviene implementar pruebas válidas para su evaluación, con miras a prescribir programas de ejercicio, establecer diagnósticos diferenciales para tratamientos en salud y rendimiento deportivo.

Ya desde 1920 en el *Harvard Fatigue Laboratory* se habían percatado de las dificultades de evaluar la resistencia cardiorrespiratoria a través de pruebas de laboratorio. Varios autores coinciden en mencionar dichas dificultades (Dolgener, 1994; Chaterjee, 2004, 2005). Según Kline (1987) “La medición directa del consumo máximo de oxígeno ( $VO_2\text{max}$ ) es considerada el procedimiento más preciso para evaluar la capacidad aeróbica individual. La medición directa, sin embargo es costosa, demanda mucho tiempo, requiere una alta motivación de los sujetos y no se presta por sí misma para evaluar a un gran número de personas”, lo que llevó a proponer otros métodos más baratos, y que permitieran evaluar a un buen número de personas en poco tiempo.



“Aunque las pruebas de ejercicio máximo son consideradas el *gold standard* para evaluar la máxima capacidad aeróbica, el papel de tal prueba es limitado en personas cuyo rendimiento puede estar limitado por dolor, fatiga y en los casos en los cuales el esfuerzo máximo está contraindicado” (Noonan, 2000), esto ha llevado a la necesidad de proponer pruebas submaximales, que no expongan a dichos pacientes a los riesgos ni al sufrimiento de las pruebas maximales.

Según proceso histórico, a inicios de 1900 a 1925 se empezó a medir la resistencia cardiorrespiratoria en las fuerza armadas, (Cureton, 1944, citado por Yucra, 2001) y en la población general; en 1958 la Asociación Americana para la Salud, la Educación Física y la Recreación y Danza (AAHPERD) intenta unificar criterios de valoración y hace extensiva una batería en la que en cada ejercicio o ítem se establece una escala de percentiles para la valoración específica de cada cualidad en función de la edad, incluyendo las pruebas de 600 yardas, 9 minutos de carrera o 12 minutos de carrera para evaluar la resistencia cardiovascular; la asociación canadiense análoga en 1969 incluyó las distancias de 800 m., 1600 m., 2400 m (AAHPERD, 1966). Otras pruebas y baterías se han estandarizado en diferentes países y continentes, como en Europa con la batería EUROFIT en 1983.

Heyward (2001) habla de la relación existente ente actividad física, salud y enfermedad, y la importancia de clasificar inicialmente el estado de la salud y el modo de vida antes de valorar la condición de *fitness*, para poder determinar con más precisión qué pruebas utilizar para evaluar los diferentes componentes. Estos resultados serán fundamentales para “planificar sistemáticamente programas de ejercicio que satisfagan las necesidades individuales”. La autora refuerza la importancia de las evaluaciones previas para la prescripción del ejercicio, pero el interesado en este tema debe escoger dentro de numerosas pruebas cuál es la más adecuada para la persona según su edad, sexo y condición individual, lo cual puede ser dispendioso y demorado.

Bruce (1971) elaboró un protocolo de evaluación en laboratorio de la capacidad cardiorrespiratoria para diagnosticar enfermedad coronaria, y en 1973 con Kusumi y otros elaboró un nomograma para predecir el  $\text{VO}_2\text{max}$ . Posteriormente se introdujo una modificación para hacerlo más accesible a pacientes de muy pobre condición física. Esta prueba y otras diseñadas para laboratorio tienen el inconveniente de resultar poco accesibles por los costos de los equipos, la necesidad de personal técnico y el tiempo requerido para cada evaluado, pues necesita unos minutos de calentamiento, la aplicación del protocolo que en personas con buena condición puede tomar cerca de media hora y un tiempo prudente de enfriamiento progresivo o vuelta a la calma. Ante esto, se han ideado pruebas de campo que permitan a menores costos evaluar grupos de personas más numerosos en menos tiempo y con menos personal altamente calificado.

Cooper K (1968), basado en los trabajos de Balke, propuso una carrera de 12 minutos tratando de cubrir la máxima distancia posible y elaboró una ecuación de regresión que permitía calcular el  $\text{VO}_2\text{max}$ , como parte de un programa de acondicionamiento pensado inicialmente para el ejército de los Estados Unidos, y que luego se popularizó a toda la población, dando inicio al *boom* del aerobismo en los años 70 del Siglo XX. Este test, sin embargo tiene el inconveniente de que en las personas no acostumbradas a trotar, no presentaba buena confiabilidad, pues en el primer intento solían arrancar muy rápido y agotarse, o por el contrario ir muy despacio y al final acelerar cuando ya habían perdido mucho tiempo. Los ajustes al ritmo de carrera derivados de este aprendizaje podían producir marcados aumentos en el segundo intento. Este test fue posteriormente modificado al de 12 minutos de caminar, más recomendable para efectos de rehabilitación (Noonan, 2000)

En 1982 Leger y Lambert propusieron una carrera de ida y vuelta sobre 20 metros a velocidad progresiva que inicia en 8,5 km/h y aumenta 0,5 km/h cada dos minutos, hasta donde sea capaz. Elaboraron ecuaciones de predicción para jóvenes hasta 18 años y para mayores de 18, igual para hombres que para

mujeres. Berthoin et. al. (1994) modificaron la prueba reduciendo los estadios a un minuto. La prueba puede ser aplicada a grupos simultáneamente, pero presenta el inconveniente de que algunos evaluados tienen dificultad para detenerse y regresar rápidamente en cada extremo de los 20 m., lo cual aumenta con la velocidad, y el tamaño corporal; adicionalmente, como prueba maximal no es recomendable en personas muy adultas o con problemas musculoesqueléticos.

Kline et al (1987) propusieron un test de caminar una milla a la mayor velocidad posible, conocido como *Rockport Test* basado en la evaluación de personas entre 30 y 69 años, que permite evaluar grupos grandes con mínimos requerimientos de equipos e instalaciones. Sin embargo, al aplicarlo a jóvenes activos así como a personas en muy mala condición física que la hacían muy despacio, la prueba sobreestimaba o bien subestimaba en  $VO_2\text{max}$  respectivamente.

El presente trabajo se propone elucidar la calidad científica de estos y otros test de campo para la predicción del  $VO_2\text{max}$ , para determinar cuáles son los que mejor se correlacionan con las mediciones directas (en laboratorio), en adultos sanos, de ambos sexos, no entrenados

#### **4. OBJETIVO**

Establecer la capacidad predictiva de las pruebas de campo utilizadas para la evaluación del consumo máximo de oxígeno en adultos sanos no entrenados.

## 5. MÉTODO

### 5.1 TIPO DE ESTUDIO

El estudio fue una revisión sistemática de pruebas diagnósticas para la predicción del  $VO_2\text{max}$ , a través de pruebas de campo, de la información científica acumulada entre 1943 a 2010, con el propósito de sintetizar los resultados y establecer cuáles son las pruebas que mejor se correlacionan con las mediciones directas (en laboratorio) para la predicción del  $VO_2\text{max}$ , en adultos sanos, de ambos sexos, no entrenados.

### 5.2 BÚSQUEDA DE LA INFORMACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Fueron seleccionadas las siguientes palabras clave, haciendo su correspondiente verificación en DeCs:

*En inglés: Physical fitness, assessment fitness, endurance, Tecumseh, aerobic test,  $VO_2\text{max}$ , Rockport fitness walking test, Harvard step test, Leger test, Brouha.*

En español; Aptitud física, evaluación de la condición, resistencia, Tecumseh, prueba aeróbica, consumo máximo de oxígeno,  $VO_2\text{max}$ , Rockport test de aptitud física caminando, prueba de escalón de Harvard, prueba de Léger, Brouha.

*En portugués: aptidão física, avaliação física, resistência, Tecumseh, aeróbica teste,  $VO_2\text{max}$ , Rockport teste de aptidão andando, Harvard teste passo, Leger teste.*

Para obtener la información necesaria se recurrió a la búsqueda de material en las siguientes fuentes:

- Bases de datos disponibles en internet: PubMed, ProQuest, ScienceDirec, Hinari, Ovid, Libreria *Cochrane*, Bireme (Biblioteca Virtual de Salud), Ebsco.
- Bibliotecas: Universidad de Antioquia (Viref), Universidad Autónoma de Manizales y Universidad de Caldas.

Para iniciar con la revisión sistemática se realizó la lectura de diferentes artículos elaborados en este método bajo la colaboración de *Cochrane*; se estudiaron los manuales establecidos por esta institución para realizar el estudio y definir el mejor procedimiento. De los encontrados y dada la claridad y especificidad en sus criterios, se escogió el de la *American Academy for Cerebral Palsy and Development Medicine*.

### 5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS

La búsqueda utilizando las palabras clave en cada una de las bases de datos mencionadas, realizando un barrido por título dio como resultado un total de 952 artículos.

En un segundo momento se eliminan dos artículos por duplicación, es decir que de un solo estudio se publicaron varios artículos, seguidamente fueron eliminados dos de otras fuentes para un total de 948, de los cuáles se eliminan 768 artículos por estar referidos a deportistas de alto rendimiento o personas enfermas. Posteriormente se eliminaron 160 artículos a partir de la lectura de resúmenes, debido a que en realidad no se trataba de estudios de validación de pruebas de campo para la predicción del  $VO_2\text{max}$ , y por cuanto no tenían ecuaciones de regresión para el cálculo del  $VO_2\text{max}$ , quedando 20 artículos. Finalmente fueron eliminados 14 artículos debido a que no tenían los estadísticos necesarios para el

análisis de calidad metodológica (SEE, R de Pearson y valor de la P), quedando cinco artículos a los cuales se les hizo el análisis con la herramienta QAREL (*a Quality Appraisal Tool For Studies Of Diagnostic Reliability*).

El análisis estadístico manejó las consideraciones del *Handbook de Cochrane* para analizar los estudios originales de correlación de pruebas de campo con *el Gold Standard*, que para la medición del  $VO_2\text{max}$  es la ergoespirometría con el protocolo de Bruce, así como las ayudas de *Review Manager*; los gráficos se elaboraron en *Minitab 15.2*.

## 5.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Tabla 1. Criterios de inclusión de los artículos.

<b>Criterios</b>	<b>Delimitación</b>
Idiomas	Inglés, portugués, español
Población objeto	Adultos sanos entre 18 y 64 años de edad
Años de publicación	1943 a 2010
Diseños de investigación	Validación de pruebas diagnósticas

## 5.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Tabla 2. Criterios de exclusión de los artículos.

<b>Criterio</b>	<b>Delimitación</b>
Pruebas (test) de evaluación	No presentar
Ecuaciones de regresión para predecir el $VO_2\text{max}$	No presentar
Características de la muestra	Deportistas, enfermos

## 5.6 PROCEDIMIENTO

Se siguió el procedimiento establecido en la *American Academy for Cerebral Palsy and Development Medicine (AAPDM System)* (revisión 1.2) versión 2008:

1. Se aseguró que no existiera un estudio idéntico en curso (comunicación con el Centro Cochrane de Brasil).
2. Se definió la población de interés con precisión (adultos sanos no entrenador entre 18 y 64 años).
3. Fueron definidas las clases de publicaciones específicas (artículos en revistas científicas sobre la evaluación de la resistencia cardiorrespiratoria como parte del *fitness* salud a través de pruebas de campo).



4. Se creó, ejecutó y guardó la estrategia de búsqueda. Fue revisada toda la literatura publicada en inglés, portugués y español. Solo estudios originales publicados en revistas científicas fueron incluidos.
5. Se identificaron las palabras claves en el MeSh (PubMed) o DeCs (Biblioteca Virtual en Salud) que reflejaban la evaluación y la población definidas arriba.
6. Se establecieron los criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda y el subsecuente proceso de selección.
7. Fue aplicada la estrategia de búsqueda a las bases de datos correspondientes a la naturaleza del campo, ej: MedLine, PubMed, ProQuest, EMBASE y BVS.
8. Se extrajo la información de cada estudio incluido.
9. Se estableció el nivel de evidencia científica del artículo.
10. Se evaluó la calidad del estudio y fue asignado un rango de calidad.
11. Se identificaron los hallazgos de interés y las medidas usadas para ello
12. Se utilizaron los datos extraídos para crear tablas de evidencia.

## 5.7 EXTRACCIÓN DE DATOS Y SUMARIO

Para la extracción de los resultados se tuvo en cuenta que las pruebas de campo hubieran sido comparadas con el *Gold Standard* del  $VO_2\text{max}$  que es el protocolo de Bruce en banda, o bien que fueran comparadas con una prueba ya validada contra dicho protocolo de Bruce.

Fueron incluidas tanto pruebas que midieran el consumo relativo ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) como el consumo absoluto ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

Los estadígrafos utilizados para establecer la calidad científica de las pruebas de campo fueron el coeficiente de correlación (producto R de Pearson), entre el

VO<sub>2</sub>max predicho por la prueba de campo y el medido en el protocolo de Bruce, o bien entre una prueba ya validada contra el protocolo de Bruce y la prueba de campo propuesta. Otros estadígrafos fueron el estimativo del error estándar (SEE), la extensión de la contracción para muestras independientes (SEE<sub>press</sub>), para establecer el poder del estudio y el valor de la probabilidad (P).

Solamente se usó análisis de correlación lineal y no otros como cuadráticos o exponenciales dado que la relación entre la intensidad de esfuerzo y la respuesta cardíaca está bien establecida en la literatura y es de tipo lineal.

## **5.8 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD**

La calidad de los artículos fue evaluada teniendo en cuenta las características de los estudios incluidos utilizando el instrumento: *a Quality Appraisal Tool For Studies Of Diagnostic Reliability (QAREL)*. Esta herramienta permite evaluar los artículos primarios para la preparación de las revisiones sistemáticas.

Figura 1. Resumen de la apreciación crítica del artículo “*Estimation of VO2max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight*”. Kline GM (1987).

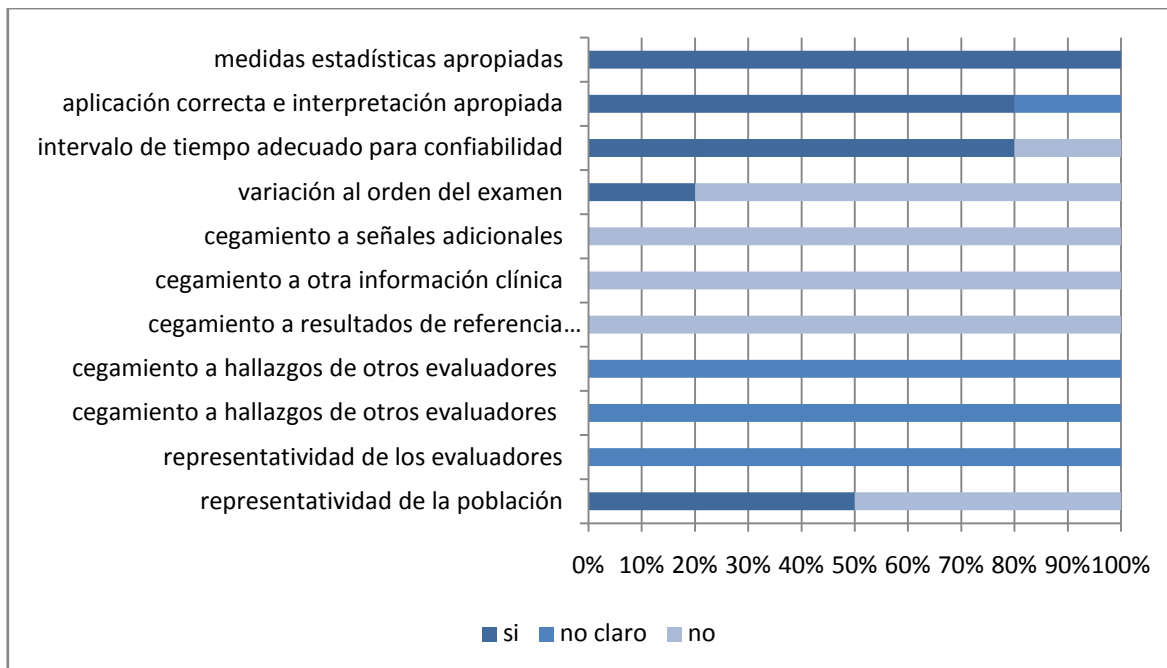


Figura 2. Resumen de la apreciación crítica del artículo “*Validation of the Rockport Fitness Walking Test in College Males and Females*”. Dolgener FA. (1994)

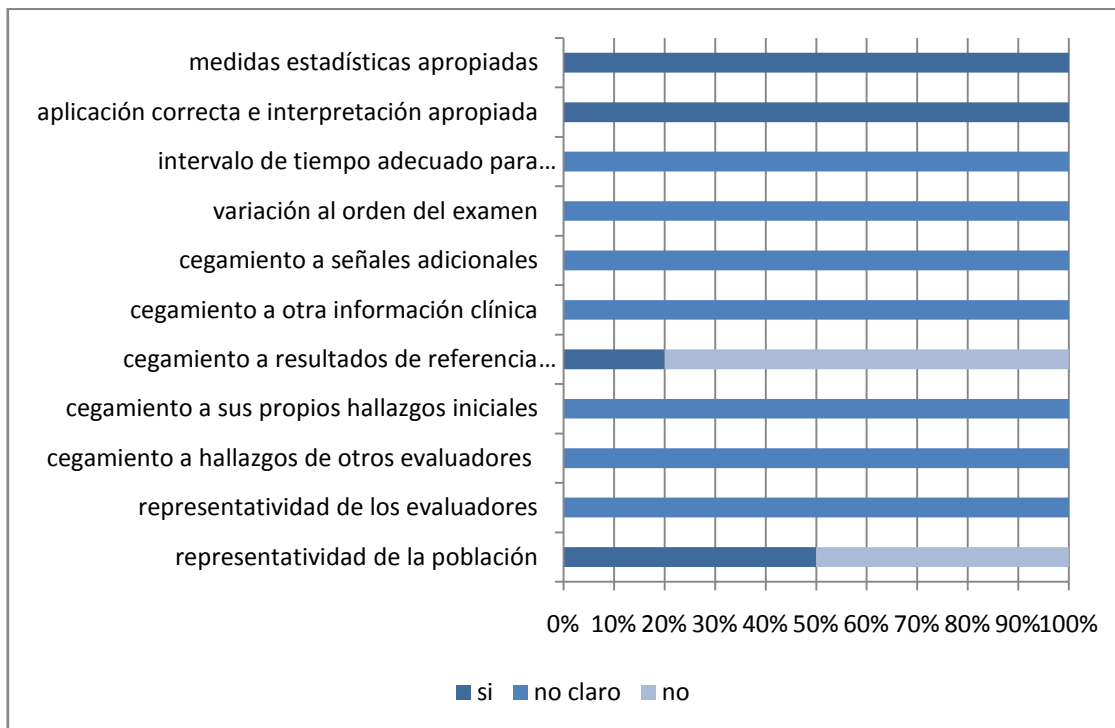


Figura 3. Resumen de la apreciación crítica del artículo "*Prediction of Maximum Oxygen Consumption From Walking, Jogging, or running*". Larsen GE. (2002)

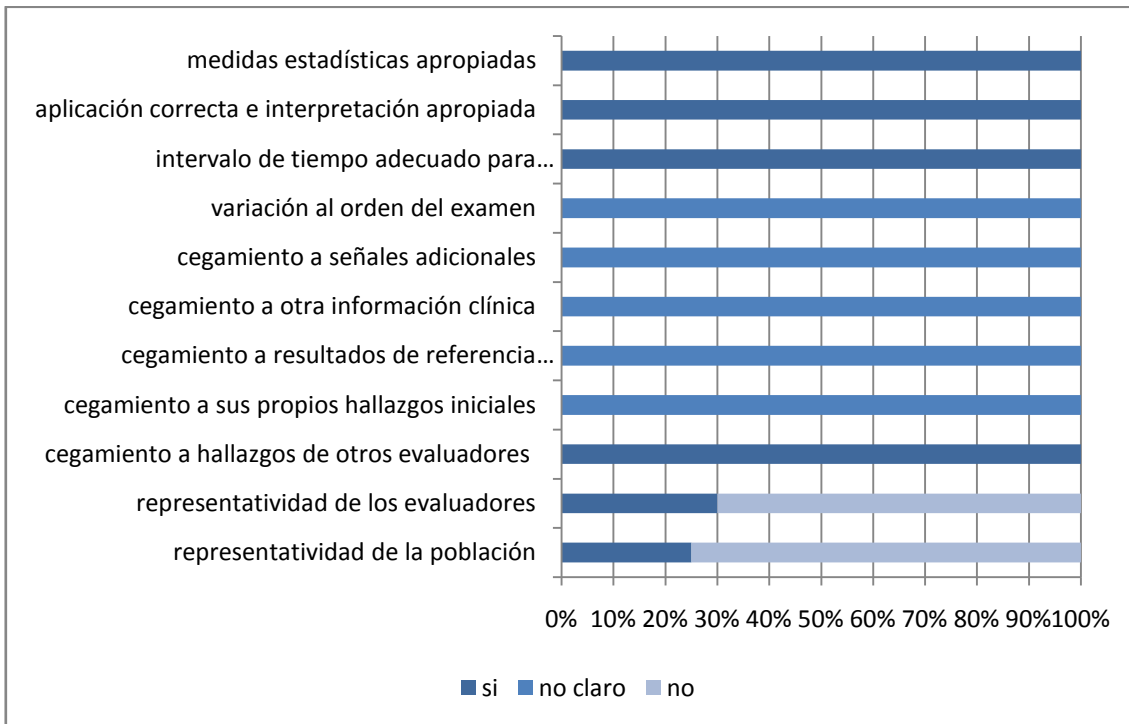


Figura 4. Resumen de la apreciación crítica del artículo “Validación y confiabilidad de la prueba aeróbica de 1000 metros”. Díaz FJ, Montaña JG, Melchor MT, Guerrero JH, Tovar JA. (2000)

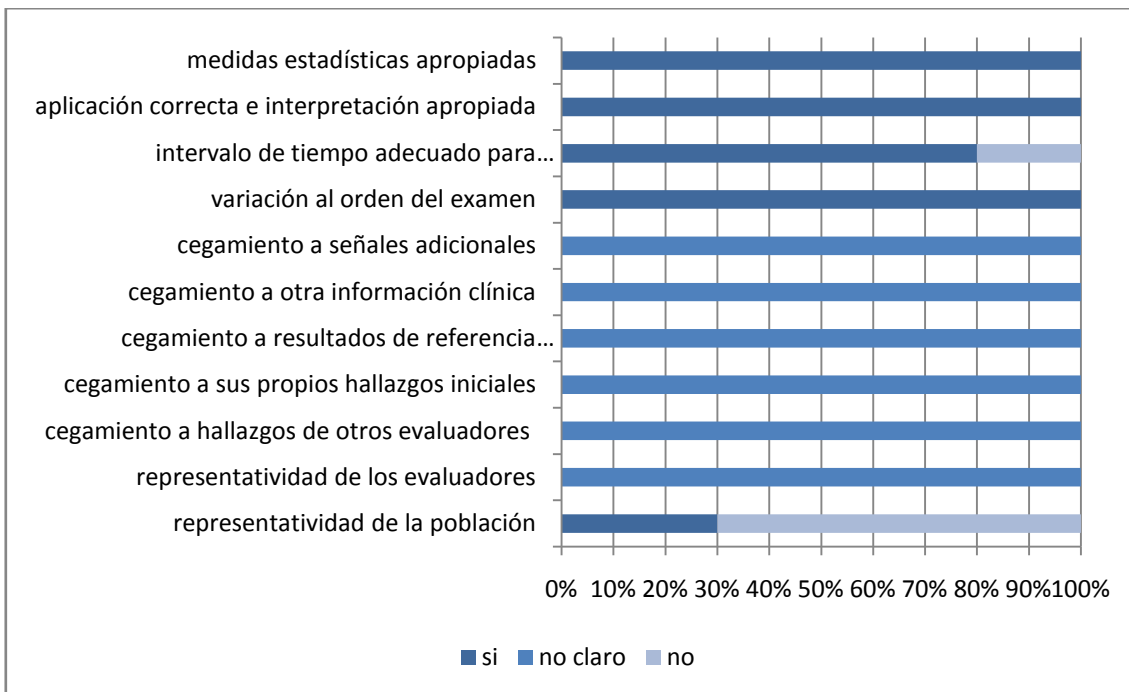
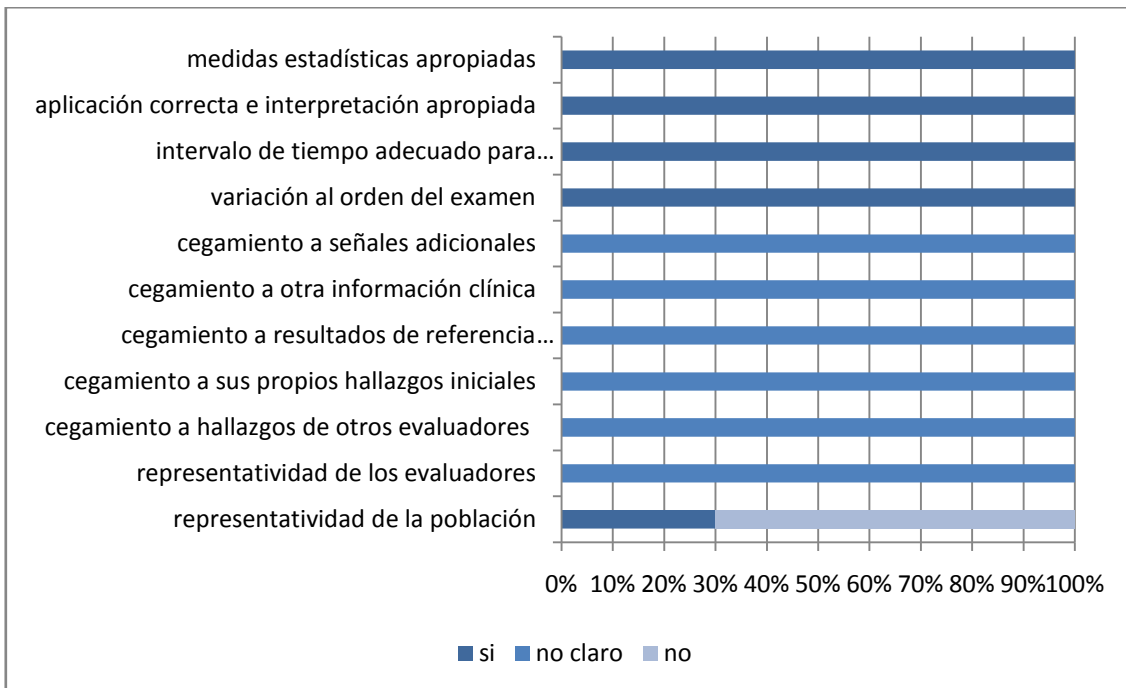


Figura 5. Resumen de la apreciación crítica del artículo “*Validity of Queen’s College Step Test for use with young Indian men*”. Chatterjee S, 2004.



## 5.9 FUENTES DE SESGO

Fueron controladas las fuentes de sesgo que se detallan a continuación, para establecer la calidad de los estudios:

Tamaño de la muestra: Las muestras de los estudios en general fueron pequeñas, lo cual le quita poder de inferencia hacia la población en general.

Aleatoriedad: No todos los estudios aleatorizaron el orden en el cual los sujetos realizaban las pruebas.

Cegamiento para las mediciones: El evaluador en laboratorio no debería saber el resultado en la prueba de campo, lo cual no está explícitamente informado en la mayoría de los artículos.

Análisis de subgrupos: El sexo y los rangos de edad, las variables aparentemente más determinantes del  $VO_2\text{max}$ , generalmente no estuvieron claramente establecidos (Larsen si cumple).

Suposición de relación lineal: La relación entre el aumento del  $VO_2\text{max}$ . y el de la prueba de campo podría no ser lineal (por ejemplo una relación cuadrática, parabólica, logarítmica).

Ecuaciones: Diferentes ecuaciones con los mismos sujetos predicen diferentes valores del  $VO_2\text{max}$ .

## 5.10 COMUNICACIÓN CON LOS AUTORES



Se envió comunicación al autor del estudio de *Queen's College* con mujeres (Chatterjee, 2005), para que nos facilitara el resultado del cálculo de la correlación entre el resultado del  $VO_2$ max medido con el *Gold Standard* y el calculado con la ecuación de regresión (Anexo 3). Hasta la fecha (16/10/2011) no se he recibido respuesta. Por tanto el artículo en mención fue eliminado del informe final. En consecuencia los artículos seleccionados para el análisis final fueron cinco.

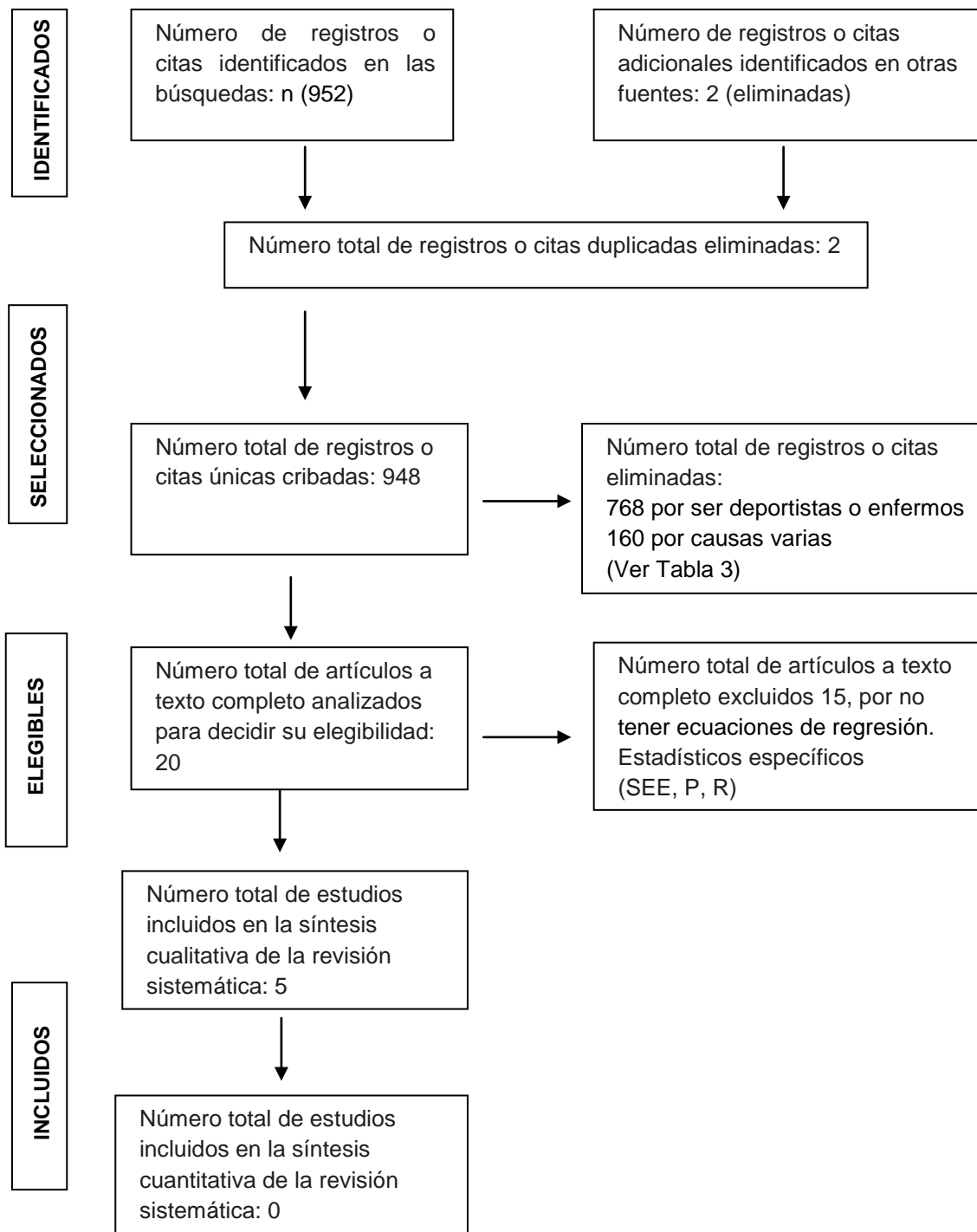
## **6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **6.1 BÚSQUEDA DE LITERATURA**

La búsqueda con las palabras clave en las bases de datos mencionadas produjo los siguientes resultados:

De la literatura consultada, se identificaron 952 artículos, de los cuales se eliminaron dos identificados en otras fuentes, los cuales no cumplieron criterios de inclusión y dos por duplicación, dando un total de 948, de los que se excluyen 768 quedando 180; estos últimos se analizaron en más detalle y se extrajeron 20 artículos, los cuales fueron obtenidos en texto completo, para seleccionar finalmente cinco, a los que se les realizó el correspondiente análisis mediante escala de QAREL.

FIGURA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INFORMACIÓN  
(Tomado de la Declaración Prisma 2010)



## 6.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS.

Tabla 3. Características del estudio de Kline, 1987

Estudio	<b>Kline 1987</b>
Métodos	<p><b>Diseño del estudio:</b> validación de prueba diagnóstica</p> <p><b>Criterios de inclusión:</b> voluntarios 30 a 69 años, ambos sexos.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> contraindicaciones cardiovasculares u ortopédicas para caminata energética. Medicamentos que afecten la TA o FC en ejercicio.</p> <p><b>Análisis estadístico:</b> X, DE, ESE, R de Pearson, t de student pareado.</p>
Participantes	<p><b>Tamaño de la muestra:</b> 343 (165 hombres, 178 mujeres)</p> <p><b>Edad media:</b> 30 a 69 años</p> <p><b>Sexo:</b> ambos</p> <p><b>Media (de):</b> VO<sub>2</sub>max 37.0±10.7ml*kg<sup>-1</sup>*min<sup>-1</sup>. H 3.35±0.72 l*min<sup>-1</sup>. M 1.99±0.49 l*min<sup>-1</sup>.</p>
Intervenciones	<p><b>Test:</b> caminar una milla (Rockport test)</p> <p><b>Clase de test:</b> submaximal, intensidad autodeterminada.</p> <p><b>Intensidad alcanzada:</b> dos de tres criterios: FC estimada para edad – 15, o Coeficiente respiratorio &gt;= 1.1, o meseta en el VO<sub>2</sub>max pese al incremento en la carga.</p>
Hallazgos	La validez cruzada del VO <sub>2</sub> max medido y calculado resultó una R=0.93 SEE = 0.325 l*min <sup>-1</sup>
Notas	<p><b>Cegamiento:</b> no es claro.</p> <p><b>Aleatorización:</b> en el orden de las pruebas (laboratorio y campo) no se hizo.</p> <p><b>Ocultamiento de la asignación:</b> no se hizo.</p> <p><b>Retiros:</b> 390 iniciales, de los cuales solo 343 completaron las pruebas satisfactoriamente.</p> <p><b>Contacto con el autor:</b> no.</p>
Ocultamiento de la asignación	D - no realizada

Tabla 4. Características del estudio de Larsen, 2002

Estudio	<b>Larsen 2002</b>
Métodos	<b>Diseño del estudio:</b> diseño de prueba diagnóstica <b>Criterios de inclusión:</b> voluntarios, llenaron PARQ <b>Criterios de exclusión:</b> <b>Análisis estadístico:</b>
Participantes	<b>Tamaño de la muestra:</b> 112 estudiantes (57 hombres, 55 mujeres) <b>Edad media:</b> 18 a 26 años (X 20.5±2.4) <b>Sexo:</b> ambos. <b>Media (de):</b> VO <sub>2</sub> max 46.0±66 ml*kg <sup>-1</sup> *min <sup>-1</sup>
Intervenciones	<b>Test:</b> caminar, trotar o correr 1,5 millas (2414 m). <b>Clase de test:</b> submaximal. <b>Intensidad alcanzada:</b> autodeterminada, “algo fuerte”.
Hallazgos	R <sup>2</sup> 0.93, p=0.05, f <sup>2</sup> 13.28 (tamaño del efecto muy alto). Ecuaciones de regresión: VO <sub>2</sub> max = 65.404+7.707* Sexo (1=H,0=M)-0.159*PC(Kg)-0.843*t(min) R=0.86, ESE=3.37 ml*kg <sup>-1</sup> *min <sup>-1</sup> . Incluyendo FC: VO <sub>2</sub> max = 100.162+7.301*Sexo(1=H,0=M)-0.164*PC(Kg)- 1.273*t(min)-0.156*FC
Notas	<b>Cegamiento:</b> no se hizo <b>Aleatorización:</b> no se tuvo en cuenta entre los dos ensayos del test y la ergometría <b>Ocultamiento de la asignación:</b> no <b>Retiros:</b> 11 estudiantes (3 hombres, 8 mujeres). <b>Contacto con el autor:</b> no
Ocultamiento de la asignación	D - no realizada

Tabla 5. Características del estudio de Chatterjee 2004

Estudio	<b>Chatterjee 2004</b>
Métodos	<p><b>Diseño del estudio:</b> Validación de prueba diagnóstica.</p> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Estudiantes de postgrado Universidad de Calcuta</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> enfermos</p> <p><b>Análisis estadístico:</b> t student para muestra pareada, correlación de Pearson, regresión lineal estadística.</p>
Participantes	<p><b>Tamaño de la muestra:</b> 30 hombres aparentemente sanos.</p> <p><b>Edad media:</b> 22.6 años</p> <p><b>Sexo:</b> masculino</p> <p><b>Media (de):</b></p>
Intervenciones	<p><b>Test:</b> Queen's College Step Test (QCST).</p> <p><b>Clase de test:</b> submaximal</p> <p><b>Intensidad alcanzada:</b> subir durante 3 minutos un escalón de 41,3 cm. a 24 subidas por minuto.</p>
Hallazgos	<p>VO<sub>2</sub>max medido: 39.8 (1.03); predicho: QCST 39.3 (1.07) ml*kg<sup>-1</sup>*min<sup>-1</sup>. R=-0.96, p=&lt;0.001 entre la FC y el VO<sub>2</sub>max.</p> <p>Ecuación de regresión: VO<sub>2</sub>max = 55.23 – (0.09*FC)</p>
Notas	<p><b>Cegamiento:</b> no</p> <p><b>Aleatorización:</b> la muestra fue seleccionada aleatoriamente entre estudiantes de postgrado de la universidad de Calcuta.</p> <p><b>Ocultamiento de la asignación:</b> no</p> <p><b>Retiros:</b> No reporta</p> <p><b>Contacto con el autor:</b> No.</p>
Ocultamiento de la asignación	D - no realizada

Tabla 6. Características del estudio de Díaz 2000

Estudio	Díaz 2000
Métodos	<p><b>Diseño del estudio:</b> validación de prueba diagnóstica.</p> <p><b>Criterios de inclusión:</b></p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> contraindicación para pruebas de ejercicio. Deportistas o entrenados.</p> <p><b>Análisis estadístico:</b></p>
Participantes	<p><b>Tamaño de la muestra:</b> 31 hombres y 20 mujeres.</p> <p><b>Edad media:</b> hombres 32.6±10.5 mujeres 33.9±16.2.</p> <p><b>Sexo:</b> ambos.</p> <p><b>Media (de):</b></p>
Intervenciones	<p><b>Test:</b> caminar-correr 1.000 metros.</p> <p><b>Clase de test:</b></p> <p><b>Intensidad alcanzada:</b> autodeterminada.</p>
Hallazgos	<p>VO<sub>2</sub>max medido=43.93±11.17; estimado=44.22±11.26, R=0.88.</p> <p>Ecuación para mexicanos: VO<sub>2</sub>max = 71.662-5.85*t (tiempo empleado en recorrer 1.000 m.).</p>
Notas	<p><b>Cegamiento:</b></p> <p><b>Aleatorización:</b> el orden de las pruebas fue aleatorizado.</p> <p><b>Ocultamiento de la asignación:</b></p> <p><b>Retiros:</b></p> <p><b>Contacto con el autor:</b></p>
Ocultamiento de la asignación	D - no realizada

Tabla 7. Características del estudio de Dolgener 1994

Estudio	Dolgener 1994
Métodos	<p><b>Diseño del estudio:</b> validación de prueba diagnóstica.</p> <p><b>Criterios de inclusión:</b> voluntarios de los cursos de bienestar de la U de Iowa</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b></p> <p><b>Análisis estadístico:</b></p>
Participantes	<p><b>Tamaño de la muestra:</b> 274 (129 H, 145 M)</p> <p><b>Edad media:</b> 19.4±2.74 para la validación y 19.2±2.3 para la validación cruzada.</p> <p><b>Sexo:</b> ambos.</p> <p><b>Media (de):</b></p>
Intervenciones	<p><b>Test:</b> Rockport Fitness Walking Test.</p> <p><b>Clase de test:</b> submaximal.</p> <p><b>Intensidad alcanzada:</b> autodeterminada.</p>
Hallazgos	<p>VO<sub>2</sub>max Absoluto medido=2.76±0.7 L*min<sup>-1</sup> predicho=2.76±0.636 (R=0.86, ESE=0.139).</p> <p>Relativo medido=40.3±6.49, predicho 40.3±5.65 (r=0.58, SEE=2.44).</p> <p>Ecuación VO<sub>2</sub>max = 3.5959+0.6566*sexo (h=1, m=0)+ 0.0096*PC(lib)-0.096*t(min)-0.008*FC.</p> <p>R=0.84, SEE=0.397 l*min<sup>-1</sup></p>
Notas	<p><b>Cegamiento:</b> no</p> <p><b>Aleatorización:</b> de la muestra no (voluntarios). Del orden de las pruebas no se utilizó.</p> <p><b>Ocultamiento de la asignación:</b> no.</p> <p><b>Retiros:</b> no se reportan</p> <p><b>Contacto con el autor:</b> no</p>
Ocultamiento de la asignación	D - no realizada



### 6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se buscó información de cada trabajo analizado en cuanto a validez, fiabilidad, capacidad de respuesta, interpretación y discriminación para el  $VO_2\text{max}$ . De los cinco trabajos que se eligieron finalmente para el análisis, en uno se reportaron medidas de validez, fiabilidad y discriminación simultáneamente, en tres se analizaron la validez y la discriminación de forma simultánea y en todos se valoró la validez por medio de medidas de correlación como el coeficiente de correlación de Pearson y la prueba de t-student.

Las pruebas de campo de resistencia aeróbica para las cuales se encontraron estudios que cumplieran las características de la presente revisión sistemática y que fueron aprobados por el grupo de trabajo en cuanto a metodología y diseño fueron:

1. Prueba de 1,5 millas (1,5M)
2. Prueba de Queen's College (QC)
3. Prueba de RockPort (RW)
4. Prueba Aeróbica de 1.000 metros (1.000m)

La diferencia en los valores de correlación para una misma prueba de campo con la prueba estándar (Espirometría) se atribuyeron a: efecto de variables representativas para la predicción del  $VO_2\text{max}$  (Edad y sexo), tamaño de la muestra, aleatoriedad y error propio de la medida, siendo la última categoría determinada cuando se hubiesen descartado las primeras tres. Este procedimiento debió realizarse para la prueba de QC (Queen's College) y RW (Rockport), de los cuales, las diferencias encontradas en los valores de correlación para QC fueron atribuidas a la variable sexo y las diferencias encontradas en los valores de correlación para RW fueron atribuidas a la edad.

Solamente se analizó un trabajo que comparaba directamente dos de las pruebas de campo antes mencionadas (Karen T, D'Alonzo 2006), se decidió no incluir estos valores en el análisis simultáneo de cada prueba, debido a que en este trabajo se utilizó como medida de referencia para el  $VO_2$ Max un estimativo (Escala de Borg) y no una medición directa. Sin embargo los resultados de este trabajo muestran una diferencia entre las pruebas (QC y RW) no significativa para la predicción del  $VO_2$ max.

## **6.4 ANÁLISIS DE CADA UNA DE LAS PRUEBAS**

### **6.4.1 Prueba De 1,5 Millas (2414 M.)**

Larsen y cols. 2002 analizaron la validez, fiabilidad y discriminación de la prueba de 1,5 M para determinar el  $VO_2$ max por medio de: coeficientes de correlación, coeficientes de fiabilidad interclase y sumatorias residuales predichas. Obteniendo como resultados principales los siguientes valores sin ajuste de frecuencia cardiaca: R neta (considerando sexo): 0,86. SEE 3,37. IC: 0,93 y R PRESS: 0,85. Con ajuste de frecuencia cardiaca: R neta (considerando sexo): 0,9. SEE: 2,87 y R PRESS: 0,89 (Ver grafico 1).

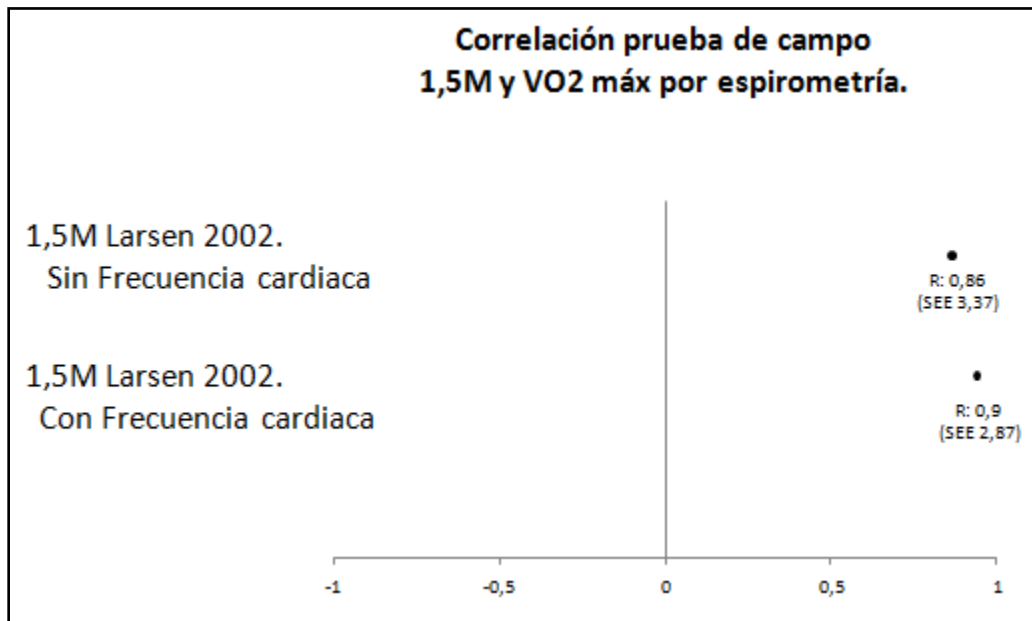


Gráfico 1: Correlación 1,5 M y VO<sub>2</sub>Max

Este estudio cuenta con la limitación del tamaño muestral puesto que con 101 participantes en el análisis disminuye su confianza de 95% a 90%.

Conclusión: Entre La prueba de campo de 1,5 Millas y el VO<sub>2</sub>max medido por espirometría existe una buena correlación lineal de significancia para personas entre 18 y 26 años.

#### 6.4.2 Prueba de Queen's College

Chatterjee y cols. en el año 2004 realizaron un estudio de validez de la prueba QC entre jóvenes masculinos de  $22,6 \pm 0,2$  años y usando los coeficientes de correlación de Pearson, Bland y Altman encontraron una  $R=0,95$  y un estimativo del error estándar de uno al comparar la prueba de QC y la medición directa del VO<sub>2</sub>max.

La principal limitación de este estudio está dada por un tamaño muestral bajo (30 personas).

Conclusión: Con una confianza del 75% y un riesgo de error de 10%, existe una correlación directa entre la medida de  $VO_2\text{max}$  derivada de la prueba de campo QC y la medida directa en laboratorio, en adultos jóvenes de  $22,6 \pm 0,2$  años.

#### **6.4.3 Prueba de Rockport Fitness Walking Test**

En 1987 Kline y Cols realizaron un trabajo que buscaba validar el test de RFWT como herramienta de predicción del  $VO_2\text{max}$ , con un tamaño muestral de 343 personas entre 30 y 69 años de ambos sexos, estos investigadores encontraron una correlación lineal entre estas dos variables con una  $R=0,93$  y un SEE: 0,355.

Dolgener y Cols, en 1994 realizaron un trabajo para validar el test RFWT en personas jóvenes de  $19,4 \pm 2,4$  años, con un diseño de distribución aleatoria, una confianza del 95% y un error del 5%; sin embargo de la muestra inicial se perdieron 73 sujetos. Estos investigadores encontraron una correlación lineal directa entre  $VO_2\text{max}$  y la medición de campo, con una  $R=0,69$  y un  $SEE=5,5$ , lo cual refleja una relación menos fuerte que la encontrada en el trabajo de Kline y cols, posiblemente atribuible a la edad de las personas analizadas, como plantearon los autores. En este trabajo el SEE alto disminuyó al ser corregido por peso y por género.

Debido a que en estos dos trabajos se evidenció una variable conocida (edad) que pudo influir sobre los estimativos del  $VO_2\text{max}$ , se consideró que los datos obtenidos de los dos trabajos no podían ser unidos en un metanálisis (Ver gráfico 2).

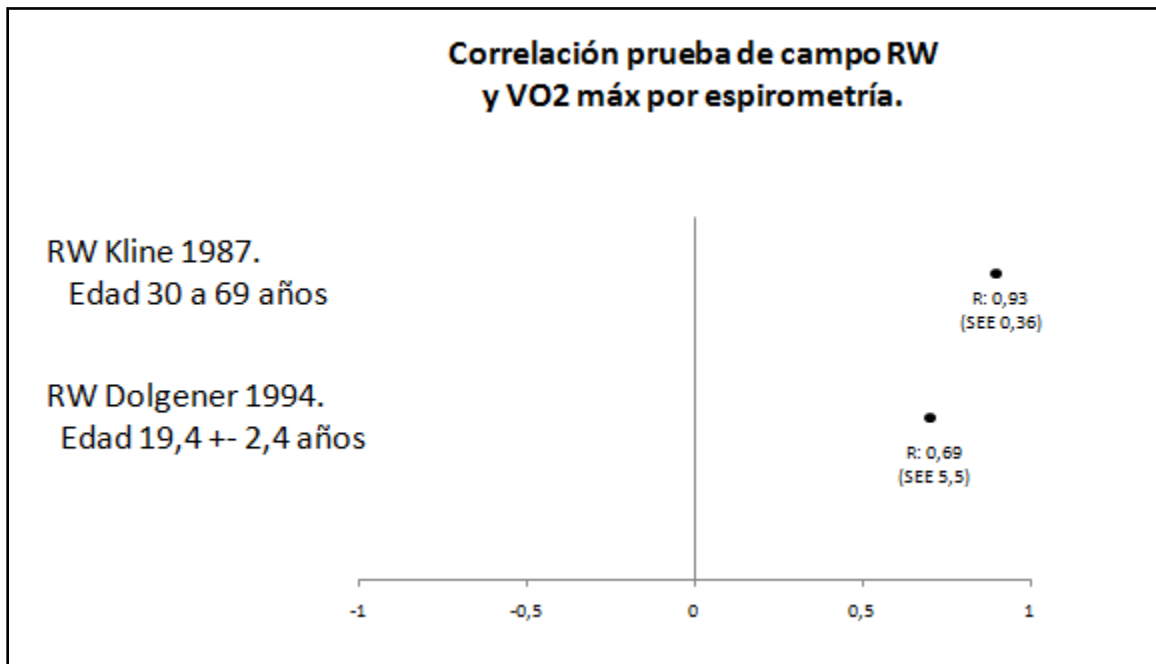


Gráfico 2: Correlación RW y VO<sub>2</sub> Max (Kline 1987 - Dolgener 1994)

Conclusión: Con una confianza del 95% y un riesgo de error del 5%, existe una correlación lineal directa entre el VO<sub>2</sub>max y las mediciones estimadas con el test de RW.

#### 6.4.4 Prueba Aeróbica De 1000 Metros

Díaz y cols, en el año 2000 realizaron un trabajo con 51 adultos de 33,9±16,2 años, encontrando una correlación lineal entre la prueba de campo 1000 m. y el VO<sub>2</sub>max con una R=0,86 y un SEE=0,8. Simultáneamente evaluaron el coeficiente de correlación interclase; sin embargo debido al tamaño de la muestra empleada no se utilizó esta información para la realización de esta revisión.

El principal limitante metodológico de este estudio fue el tamaño de la muestra y los intervalos de edad de los participantes del estudio, que por ser la edad una

variable directamente involucrada con la predicción del  $VO_2\text{max}$ , puede dar lugar a confusiones.

## **6.5 COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE PRUEBAS DE CAMPO**

En esta revisión solamente se incluyó un trabajo que comparaba directamente los valores calculados de  $VO_2\text{max}$  por el test de RW y QC (Alonzo 2006). En este trabajo se encontró una  $P=0,17$  entre los valores predichos por RW y QC, lo cual muestra que no había diferencia significativa entre los valores encontrados por cualquiera de los dos métodos. Sin embargo la generalización de esta conclusión se debe realizar con mucho cuidado debido al tamaño de la muestra analizada (31) y a la edad media de los participantes (24,8 años).

En el gráfico 3 se muestra el resultado de los trabajos seleccionados para esta revisión, organizados de acuerdo a la calidad metodológica empleada en cada uno de ellos.

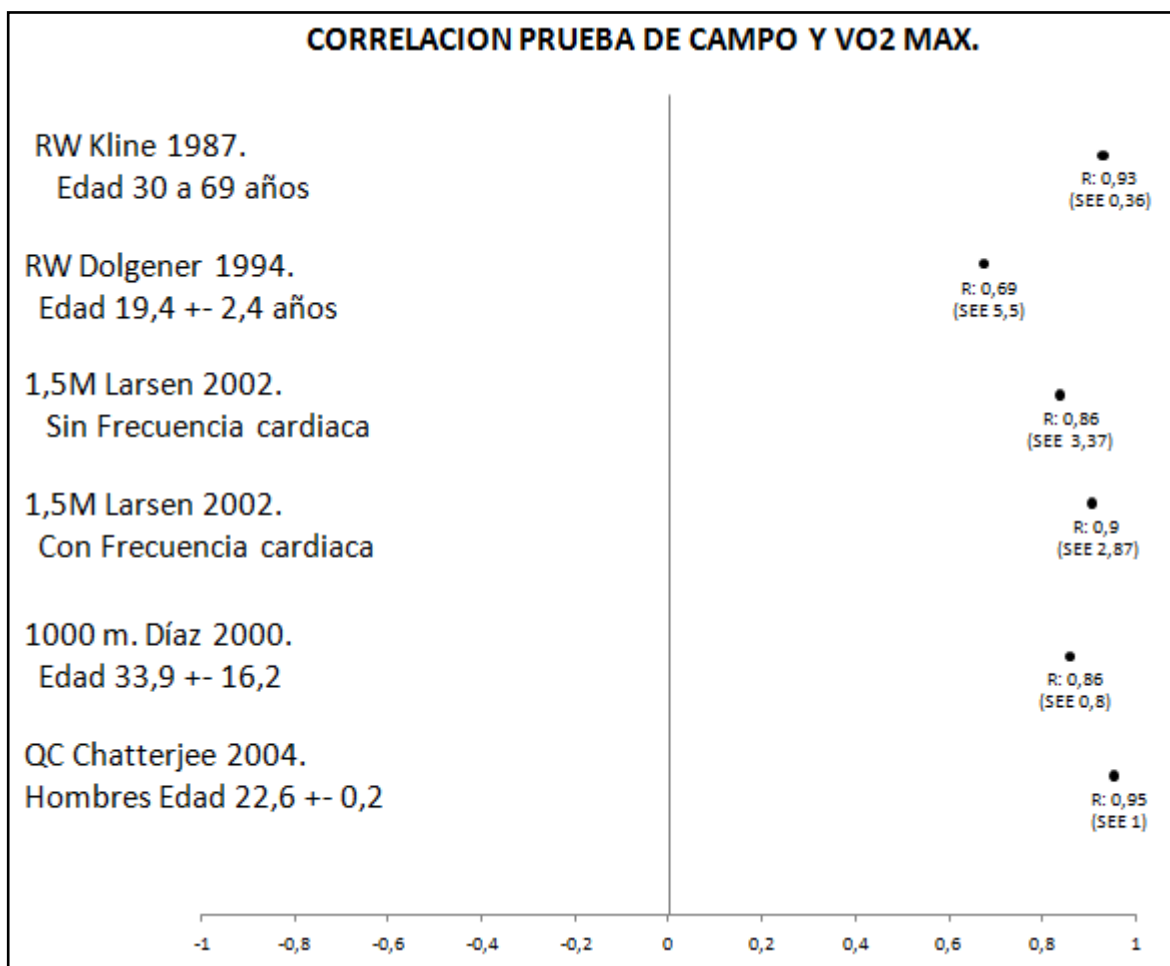


Gráfico 3. Correlación entre las pruebas de campo y laboratorio (*gold standard*)

## 6.6 DISCUSIÓN

La resistencia cardiorrespiratoria es un componente fundamental de la condición física, tanto en el campo de la salud, como para las funciones normales de la vida (ABC diario) o en el campo del deporte recreativo, especialmente de los deportes de resistencia (maratón, ciclismo de ruta, triatlón, etc.) o los que tienen una duración prolongada (fútbol, tenis, voleibol, etc.). La evaluación de esta capacidad se torna por tanto fundamental en la promoción de la salud y la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles, asociadas en su mayoría al sedentarismo. Las mediciones en laboratorio con costosas, demoradas y prácticamente inaccesibles para la población en general, por lo que se hace necesario contar con alternativas, tales como pruebas de campo de bajo costo,

que puedan ser administradas a grupos en un tiempo relativamente breve, pero que brinden condiciones de seguridad, fiabilidad y validez.

En ésta revisión se incluyeron cinco estudios de pruebas de campo decantadas de una base inicial de 952 identificados en la red. Las pruebas finalmente seleccionadas cumplen con los criterios de calidad científica suficientes para hacerlas recomendables en la predicción del  $\text{VO}_2\text{max}$  en personas sanas no entrenadas entre 18 y 64 años de edad, con el propósito de prescribir el ejercicio de resistencia con diferentes fines sanitarios, de condición física o deportivos recreativos, y controlar los efectos de dichas actividades sobre la capacidad funcional del organismo.

Los coeficientes de correlación entre el  $\text{VO}_2\text{max}$  medido (ergoespirometría en laboratorio) y el calculado a través de las pruebas de campo mediante las ecuaciones de regresión propuestas estuvieron entre  $R=0.69$  y  $R=0.95$ , lo cual los hace válidos para el propósito requerido. El SEE que puede ser considerado como un indicador del grado de precisión con que la ecuación de regresión describe la relación entre las dos variables, osciló entre  $\text{SEE}=0.36$  y  $\text{SEE}=5.5$ . En ese orden de ideas, la prueba con la mayor “R” de Pearson y el menor SEE fue la de Kline (*Rockport walking test*).

### **6.6.1 Importancia del $\text{VO}_2\text{max}$ . para la salud**

El  $\text{VO}_2\text{max}$  es un parámetro fisiológico para determinar la cantidad de oxígeno que consume o utiliza el organismo para mantener funciones vitales constantes y se define como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo, se expresa en  $\text{L} \times \text{min}^{-1}$  el absoluto o  $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$  el relativo al peso (López 2009). Serrato (2008) dice que es el “proceso celular de utilización de oxígeno para producir energía necesaria para realizar un esfuerzo”.

Comparando algunos autores se encuentra que no hay unificación de criterios dado que uno define  $\text{VO}_2\text{max}$  para el mantenimiento del metabolismo basal; y el otro habla de consumo de oxígeno para realizar esfuerzos.

El oxígeno que consume una persona en situación de reposo equivale a 3.5 mililitros de oxígeno por kilogramo de peso y equivale a un met (unidad metabólica). Esta medida aumenta con la práctica de la actividad física o ejercicio. Es decir el oxígeno es el combustible que permite la transformación de la energía química a mecánica (contracción muscular). De manera el oxígeno es absorbido en los pulmones y transportado por la sangre hasta las mitocondrias



posteriormente eliminando H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> como producto de desecho. La ecuación del VO<sub>2</sub> max es:

$VO_2 \text{ max} = Q \times D \text{ (a-v) } O_2$ , donde Q (gasto cardíaco), D (diferencia sangre arterial y venosa)

El VO<sub>2</sub> máximo responde según al tipo de cargas estables o incrementables que se apliquen al organismo; existe una relación lineal el VO<sub>2</sub>max y la carga de trabajo, pues a mayor intensidad del trabajo mayor consumo de oxígeno; esta relación se pierde una vez cuando se supera el umbral anaeróbico – aeróbico lo que quiere decir aumento de concentración de lactato sanguíneo, (superior a 4 mmol).

El VO<sub>2</sub>max está determinado por parámetros como al edad, sexo, peso, factores químicos (hemoglobina, hormonales) y su medición se cuantifica de manera directa (prueba de gases, protocolo de Bruce) o indirecta mediante test de campo de caminar, correr, subir a un banco o pedalear.

Si el sujeto escoge un test que se realice caminando o corriendo, lo recomendado es que este sea incremental, ya que de lo contrario, el test de carga estable puede perder validez debido a que el evaluado puede iniciar muy rápido o terminar demasiado fatigado condicionando su ejecución para una prueba siguiente.

De los cinco estudios analizados en esta revisión, cuatro de ellos incluyen la actividad de caminar, dos correr, uno trotar y uno subir a un banco. Es preciso aclarar que algunos dan dos o tres opciones de actividad.

### **6.6.2 La evaluación del VO<sub>2</sub>max.**

“La medición del VO<sub>2</sub>max en humanos es un procedimiento que requiere de analizadores de gases, ergómetros y laboratorios de fisiología no ampliamente disponibles en nuestro medio. La determinación de éstas variables es importante para valorar el riesgo cardiovascular, capacidad funcional rendimiento atlético y prescripción de ejercicio físico. Un número considerable de pruebas han sido propuestas para obtener indirectamente el VO<sub>2</sub>max (caminar, correr, bicicleta o banco) en estas pruebas la estimación del VO<sub>2</sub>max resulta de la relación tiempo distancia y carga de trabajo o respuesta de la frecuencia cardíaca submáxima” (Díaz 2000). En esta trabajo se propone una prueba sencilla de caminar 1000 metros, supuestamente adaptada a las condiciones de los adultos mexicanos, aquejados en gran cantidad de sobrepeso y sedentarismo, para quienes las pruebas de correr o subir un banco son demasiado exigentes.

El presente estudio establece una gama de pruebas con una aceptable capacidad predictiva del  $\text{VO}_2\text{max}$  utilizables en poblaciones sanas adultas no entrenadas, con un amplio rango de edades (18 a 64 años) y de niveles de condición física, lo cual permita a los profesionales de la salud y la actividad física evaluar el parámetro funcional más importante para estimar la condición física de los usuarios o pacientes.

### **6.6.3 La calidad científica de las pruebas de campo para la evaluación del $\text{VO}_2\text{max}$ .**

De la amplia gama de pruebas de campo que se han diseñado para evaluar indirectamente el  $\text{VO}_2\text{max}$ , es necesario seleccionar aquellas que mejor cumplan con los criterios científicos de calidad y procedan de la evaluación de sujetos lo más parecidos a los que se pretende evaluar. Por ejemplo, al pretender aplicar las ecuaciones de Kline (1987) a mayores de 70 años, se encontró que se subestimaba el  $\text{VO}_2\text{max}$ . Por el contrario, al aplicarla a universitarios sedentarios se encontraron valores correspondientes a deportistas entrenados. Estos dos errores en la estimación del  $\text{VO}_2\text{max}$  se debieron a que en realidad el estudio del autor citado se hizo precisamente con sujetos entre 30 y 69 años, por lo que no era recomendable aplicarla a sujetos por fuera de ese rango etario.

En la literatura se encuentran pruebas que han venido siendo ampliamente utilizadas en el medio, como el *navette* de Leger y Mercier, consistente en correr de ida y vuelta sobre 20 m., a velocidad progresiva que comienza con 8,5 km/h y aumenta en 0,5 km/h cada minuto. Esta prueba sin embargo no tiene mucha aplicabilidad a quienes no estén acostumbrados a frenar y regresar rápidamente, tales como atletas y triatletas, quienes a las velocidades que corresponderían a su real  $\text{VO}_2\text{max}$  tienen grandes dificultades para completar el recorrido, terminando además con problemas musculares que la hacen desaconsejable. Por tanto se limita su uso a modalidades como fútbol, baloncesto, fútbol sala y similares. En el ámbito del *fitness* tampoco se recomienda para personas con exceso de peso por la misma razón. Ésta revisión permitió descartar pruebas como ésta de Leger pues su estudio original no presentó los estadísticos necesarios para ser considerada.

Según Serrato 2008, la reproducibilidad de los test de campo comparados contra el *gold standard* tiene un 3% de error lo cual es muy poco y coincide con el análisis del trabajo donde la *r* estuvo entre 93 para el estudio de Kline y 96 para el estudio de Chatterjee.

#### **6.6.4 La aplicabilidad de las pruebas de campo en el área de la salud**

“La medición directa del  $VO_2$ max es considerado el método más preciso para evaluar la capacidad aeróbica individual. La medición directa, sin embargo, es costosa, consume tiempo, requiere alta motivación y no permite evaluar una gran cantidad de sujetos” (Kline, 1987). Actualmente se encuentran gran variedad de ergómetros para aplicar según el ejercicio o deporte que practique, condición física, edad y sexo; aunque estos aspectos deben de tenerse en cuenta al momento de elegir el más adecuado, también deben de tenerse en cuenta aspectos como involucrar al menos el 50% de la musculatura (López, 1996), es decir que involucre por lo menos 2/3 de la musculatura total (resistencia global) para una mayor predicción del  $VO_2$ max; ya que una musculatura menor a este porcentaje limita el pico máximo por aparición de la fatiga.

Otros aspectos importantes posibles de analizar al elegir la mejor prueba es la fuerza en la musculatura del cuádriceps si se elige el cicloergómetro; banda sinfín la cual requiere de equilibrio para mantenerse estable, (López, 2009) y coordinación para la ejecución de los test de banco, razón por la cual se considera que la mejor actividad para aplicar a personas sanas no deportistas es caminando, ya que es seguro, no requiere de aprendizajes de habilidades previas y no requiere de condición física elevada.

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1 IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA

Una variedad de pruebas de campo que predicen el  $VO_2\text{max}$  están evolucionando y su aplicación es cada vez más evidente a medida que la comprensión de sus propiedades de medición aumenta. Se pretende brindar elementos para seleccionar la prueba de campo más adecuada para predecir el  $VO_2\text{max}$  en adultos no entrenados de ambos sexos, tanto en el ámbito de la salud como en el de la intervención integral en el deportista.

Considerando la gran disparidad que en condición física pueden tener las personas, sumando además el rango etario y diferencias en función del sexo, podría afirmarse que no hay una prueba de campo que sea igualmente útil en todas estas circunstancias. Debe por tanto seleccionarse la prueba que mejor corresponda a la condición del sujeto evaluado, en función de actividad, sexo, edad, peso corporal y patologías cardiorrespiratorias, musculares y articulares.

En la práctica clínica, para evaluar el  $VO_2\text{max}$  en hombres jóvenes utilizar el *Queen's Collegue Step Test* preferiblemente.

Para evaluar mujeres jóvenes se recomienda utilizar el test de caminar 1.000 metros.

Para evaluar hombres y mujeres mayores es preferible utilizar el test de caminar una milla (RW), haciendo la recomendación de que lo realicen a paso rápido, pues los tiempos por encima de 20 minutos subvaloran el  $VO_2\text{max}$ , arrojando valores cercanos a los de reposo.

Para personas con problemas articulares, especialmente de rodilla o con exceso de peso, no se recomiendan los test de escalón (*Queen's College Step Test*).

Los test de campo funcionan mejor prediciendo valores en hombres.

Los mejores estudios son los de Rockport Walking Test y el de 1,5 millas caminando, trotando o corriendo.

Usar Rockport Walking Test y Queen's College Step Test parece ser similar, sin embargo se necesitan más estudios para concluir esto con un buen nivel de confianza.

Las pruebas de campo analizados se correlacionan bien con el protocolo de laboratorio (Bruce), en su orden: el Queen's College Step Test y la caminata-trote de 1000 metros para hombres alcanzaron una  $R=0,95$ ; el Rockport para hombres  $R=0,93$ , 1000 metros para mujeres  $R=0,86$ , 1,5 millas  $0,86$ , y Rockport para mujeres  $R=0,74$ .

La jerarquía metodológica de los estudios analizados fue:

- 1º Kline (1987) caminar una milla.
- 2º Dolgener (1994) Rockport Fitness Walking Test.
- 3º Larsen (2002) prueba de 1,5 millas caminar, trotar o correr
- 4º Díaz (2000) prueba de 1.000 metros.
- 5º Chatterjee (2004) Queen's Collegue Step Test para hombres.
- 6º Las pruebas de 1,5 millas y Queen's Collegue Step Test son solamente validas para personas jóvenes.

## **7.2 IMPLICACIONES PARA LA INVESTIGACIÓN**

Para futuras revisiones sistemáticas en el área y en el ámbito de la maestría se recomienda:

No autorizar revisiones sistemáticas para investigadores individuales, puesto que se requiere por lo menos un par para la evaluación de los diferentes registros encontrados.

Buscar la asesoría de los grupos regionales de la Colaboración Cochrane desde el momento mismo de plantear el tema de la revisión sistemática.

Procurar entrenamiento previo con el software Review Manager (RevMan) para el análisis estadístico de los artículos incluidos

Realizar nuevas revisiones sistemáticas para establecer la calidad científica de los test de campo que se utilizan para evaluar las restantes capacidades condicionales (fuerza muscular, flexibilidad muscular velocidad).

Establecer test de campo que incluyan la altitud sobre el nivel del mar dentro de las ecuaciones de regresión múltiple, para predecir el  $VO_2$ max.

## **7.3 CONFLICTOS POTENCIALES DE INTERESES**

Los autores manifiestan que no existe ningún potencial conflicto de intereses, que no recibieron financiación alguna para la investigación, ni tienen vínculo laboral alguno con empresas o entidades relacionadas con los estudios analizados.

## REFERENCIAS

### REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS EN ESTA REVISIÓN

Larsen GE, George JD, Alexander JL, Fellingham GW, Aldana SG, Parcell AC. Prediction of Maximum Oxygen Consumption From Walking, Jogging, or Running. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2002. Vol. 73, No- 1. 66-72.

Díaz FJ, Montaña JG, Melchor MT, Guerrero JH, Tovar JA. Validación y Confiabilidad de la Prueba Aeróbica de 1000 metros. Revista de Investigación Clínica. 2000. V 52 N 1 Ene. 44-51.

Dolgener F, Hensley L, Marsh J, Fjelstul JK. Validation of the Rockport Fitness Walking Test in College Males and Females. Research Quarterly for Exercise and Sport. 1994. Vol 65, N 2. 152-158.

Chatterjee S, Chatterjee P, Mukherjee PS, Bandyopadhyay. Validity of Queen's College Step Test for use with young Indian men. Br J Sports Med. 2004. 38:289-291.

Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, Freedson PS, Ward A, McCarron RF, Ross J, Rippe JM. Estimation of  $VO_{2max}$  from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. Med. Sci. Sports Exerc. 1987 Vol. 19, No. 3. 253-259.

## REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS EXCLUIDOS EN TERCERA REVISIÓN

Alkmim 2009: validez de pruebas en máquinas.

Anshel 2009: sin ecuaciones de regresión y compara efectos de un programa.

Benito 2005: sin test de laboratorio.

Carbonell 2009: no tiene test y mide efectos de un programa.

Chatterjee S 2005: no tener coeficiente de correlación entre el ergómetro y la prueba de campo.

Cooper 2005: no tiene ecuaciones de regresión.

Da Matta 2005: no tiene ecuaciones de regresión.

D'Alonzo 2006: sin ecuación y no compara test con *gold estándar*.

David 2010: validez de pruebas en máquinas.

Ferran SF: evalúan otras capacidades y no presentan validación de test.

Noonan 2000: no tiene ecuaciones y revisión de tema.

Ryhming 1953: no tiene ecuaciones de regresión ni estadísticos necesarios.

Sandra 2008: validez de pruebas en máquinas.

Suni 1998: no compara pruebas cardiorrespiratorias.

Zhen 2010: adquiere tecnología no disponible.



## REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS EXCLUIDOS DE ESTA REVISIÓN

Tabla 8. Artículos eliminados de la revisión y causa

Razones de la eliminación	número
Por edad	24
Por deportista	15
Por enfermedad	34
Por metodología	25
Por muestra	2
Por no prueba	35
Por otra capacidad	16
No es pertinente	9
Total	160

Tabla 9. Autor y año de los estudios eliminados y su razón de eliminación.

<b>ESTUDIO (autor y año)</b>	<b>RAZÓN DE LA EXCLUSIÓN</b>
Seino sf	Edad
Andersen 2008	Edad
Brouha sf	Edad
Brouha sf	Edad
Brouha sf	Edad
Brouha sf	Edad
Calders 2007	Edad
Costa 2009	Edad
Dobbins 2009	Edad
Fonseca 2008	Edad
Gómez 2008	Edad
Leger 2006	Edad
López 2004	Edad
Maaike 2008	Edad
Maaike 2011	Edad
Marques 2008	Edad
Mocellin 2009	Edad
Morris 2007	Edad
Newman 2003	Edad
Pouessel 2005	Edad

Sindra 2008	Edad
Suarez 2005	Edad
Tomkinson 2003	Edad
Almeling 2006	Deportista
Beltrão de Matos 2008	Deportista
Caldas 1988	Deportista
De oliveira 2008	Deportista
Herring 2010	Deportista
Knechtle 2003	Deportista
Laichel 1996	Deportista
Lutttikohlt 2006	Deportista
Margaret t jones 2010	Deportista
Pyne 2008	Deportista
Rampinini 2010	Deportista
Santos de almeidan 2008	Deportista
Thomas 2006	Deportista
Toledo 2088	Deportista
Almeling 2006	Deportista
Beltrão de Matos 2008	Deportista
Caldas 1988	Deportista
De oliveira 2008	Deportista
Herring 2010	Deportista
Knechtle 2003	Deportista
Laichel 1996	Deportista
Luttikohlt 2006	Deportista
Andriolo 2010	Enfermedad
Arztl 1964	Enfermedad
Betz 2009	Enfermedad
Conn 2007	Enfermedad
Damiano 2006	Enfermedad
Eaton 2006	Enfermedad
Häuser w 2009	Enfermedad
Hudon 2008	Enfermedad
Hwang 2009	Enfermedad
Isaacs 2007	Enfermedad
Isaacs 2007	Enfermedad
Kluding 2010	Enfermedad
Kromer to 2010	Enfermedad
Kulinna 2010	Enfermedad
Leanne 2011	Enfermedad

Müller 2008	Enfermedad
Nielsen 2006	Enfermedad
O'brien k 2008	Enfermedad
O'dowd 2006	Enfermedad
Oñate 2005	Enfermedad
Pang 2006	Enfermedad
Peterson md 2010	Enfermedad
Prajapati 2008	Enfermedad
Ruppar 2010	Enfermedad
Salveti 2008	Enfermedad
Saunders 2008	Enfermedad
Saunders 2011	Enfermedad
Schover 2007	Enfermedad
Skoro-kondza 2009	Enfermedad
Swank am 2010	Enfermedad
Temple 2006	Enfermedad
Temple 2009	Enfermedad
Topolski 2006	Enfermedad
Chiu cj 2009	Enfermedad
Cirilo sf	Metodología
Cogswell 1946	Metodología
Constable 2000	Metodología
Cortés 2009	Metodología
Ferrero 2004	Metodología
Golab 2009	Metodología
Gregory 2007	Metodología
Henrique 2010	Metodología
Keen 1958	Metodología
Louise 2005	Metodología
Matthew 2005	Metodología
Mora 2005	Metodología
Outor 2000	Metodología
Parker 2011	Metodología
Reedy 1958	Metodología
Reilly 2008	Metodología
Serra 2007	Metodología
Shephard 1981	Metodología
Siqueira 2000	Metodología
Sloan 1959	Metodología
Steven 2003	Metodología

Sturt 2009	Metodología
Swiderski 2003	Metodología
Targino 2009	Metodología
Bandyopadhyay 2007	Muestra
Di michele 2009	Muestra
Andriolo 2009	No tiene prueba
Brosseau 2007	No tiene prueba
Cardiol 1964	No tiene prueba
Conn 2010	No tiene prueba
De Meersman 2006	No tiene prueba
Douglas 2006	No tiene prueba
Etnier 2006	No tiene prueba
Forcie 2006	No tiene prueba
Franco 2008	No tiene prueba
Gros Lambert 2006	No tiene prueba
Hagberg 2006	No tiene prueba
Hellsten 2007	No tiene prueba
Kelley 2007	No tiene prueba
Knuth 2009	No tiene prueba
Kostka 2009	No tiene prueba
Löllgen 2009	No tiene prueba
Malek 2009	No tiene prueba
Meuser 2010	No tiene prueba
O'donovan 2010	No tiene prueba
Paisley 2008	No tiene prueba
Peterson 2007	No tiene prueba
Ploeger 2009	No tiene prueba
Robroek 2007	No tiene prueba
Roux I 2009	No tiene prueba
Schaafsma 2009	No tiene prueba
Silva 2009	No tiene prueba
Slade 2009	No tiene prueba
Sluiter 2007	No tiene prueba
Truby 2006	No tiene prueba
Tzormpatzakis 2008	No tiene prueba
Acero 2008	Otra capacidad
Alexis 2005	Otra capacidad
Andrade 2008	Otra capacidad
Ángyán 2003	Otra capacidad
Antonios 2007	Otra capacidad

Antonios 2009	Otra capacidad
Baeza sf	Otra capacidad
Darren 2006	Otra capacidad
Jarmo 2002	Otra capacidad
Jerry 1992	Otra capacidad
Kay 2006	Otra capacidad
Kazuyoshi 2008	Otra capacidad
Michaelides 2008	Otra capacidad
Norman 2006	Otra capacidad
Quintero sf	Otra capacidad
Stankovi 2009	Otra capacidad
Bridgewater 2007	No es pertinente
Brown 2008	No es pertinente
Moore 2009	No es pertinente
Murphy 2007	No es pertinente
Reilly 2006	No es pertinente
Reilly 2008	No es pertinente
Sansam 2008	No es pertinente
Sansam 2009	No es pertinente
Sato 2010	No es pertinente

## BIBLIOGRAFÍA

Aguirre OD, Rios A. Método Prex. Sociedad colombiana de Anestesiología y Reanimación. Editorial Panamericana Formas. Bogotá. 2011.

*American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance. (AAHPERD). (1980) Lifetime Health Related Physical Fitness: Test Manual*

*American College of Sports Medicine (1995). Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 5<sup>th</sup> edition. Philadelphia. 1995.*

ACSM. American College of Sports Medicine. Manual ACSM, para la Valoración y Prescripción del Ejercicio. Barcelona: Paidotribo. 1999.

Agudelo A, García C, Franco A, Salazar J, León J, Ruiz J. Motivos de Adherencia y Deserción de los Usuarios de los Centros de Ejercicio Físico (Gimnasios) de la Ciudad de Manizales. Manizales: Universidad de Caldas. 2008.

Alba A. Test Funcionales. Cineantropometría y Prescripción del Entrenamiento en el Deporte y la Actividad Física. (2ª edición). Armenia: Kinesis. 2005.

Andrade R, Douglas et al. Modelo Biológico para Diagnóstico de Salud y Prescripción de Actividad Física. Trabajo ganador del premio internacional “Medicina del deporte y promoción de salud” otorgado por la Fundación “La Caixa” en la olimpiada cultural Barcelona 92. 1993. Volumen X. Número 37.

Arnot R, Gaines C. Tratado de la Actividad Física, Seleccione su Deporte. Barcelona: Paidotribo. 1992.

Bruce RA. Exercise Testing of Patients with Coronary Heart Disease: principles and normal standards of evaluation. Am Clin Res. 1971;3:323-332.

Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal Oxygen Intake and Nomographic Assessment of Functional Aerobic Impairment in Cardiovascular Disease. *Am Heart J.* 1973; Vol 85 No. 1:546-562.

Cooper KH. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake: Correlations Between Field and Treadmill Testing. *Jama.* 1968; 203:201-204. 1968.

Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannon JP et. al. A Generalized Equation for Prediction of VO<sub>2</sub> peak from 1 mile run Walk Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:445-451.

Caspersen CJ. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Reports.* Atlanta: Center for Health Promotion and Education, Centers for Disease Control; 1985; 100 (2): 126:131.

Caspersen CJ, Powell K, Christenson G. Physical Activity. Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health Related Research.

Diccionario Mosby: Medicina, enfermería y ciencias de la salud (4ª edición). Madrid: Harcourt. 2000.

Fernández JD, Delgado M. El Metanálisis en Epidemiología Nutricional. *Rev. Esp. Nutrición Comunitaria.* 1998; 2:76-81

García JM, Navarro M, Ruiz J. Pruebas para la Valoración de la Capacidad Motríz en el Deporte. Mantuano: Gymnos. 1996.

Generello E. Cualidades físicas. Zaragoza: Imagen y Deporte. 1995

George J, Fisher G. Vehrs P. Test y Pruebas Físicas. (4ª edición). Barcelona: Paidotribo. 2005

González J. Fisiología de la Actividad Física y el Deporte. Madrid: Interamericana MC GRAW HILL. 1992

Greenland S. (1987) Quantitative Methods in the Review of Epidemiologic Literature. *Epidemiologic Review;* 9:1-30

Haag H, Dassel H. (1995) Test de la Condición Física. Barcelona: Hispano Europea.

Hernández R, Fernández C. (1991). Metodología de la Investigación. (1ª edición). México. MacGraw-Hill.

Heyward V. Evaluación y Prescripción del Ejercicio. Editorial: Paidotribo. (2ª edición). Barcelona. 2001

Heyward V. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription. (5ª edición). Estados Unidos de América. Human Kinetics. 2006.

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. (ENSIN 2005).  
Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. (ENSIN 2010).  
Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia

Isidro F, Heredia JR, Pinsach P, Costa MR. Manual del Entrenador Personal, del Fitness al Wellnes. (1ª edición). Barcelona: Paidotribo. 2007.

James D, George A, Fisher G. Pruebas y Pruebas Físicas. Barcelona: Paidotribo. (2ª edición). 1999.

Jauregui G. Ordoñez N. Aptitud física. Pruebas Estandarizadas en Colombia. Santafé de Bogotá: Coldeportes, 1994

Lacour JR. (1992). Biologie De L'exercice Musculaire. Editorial Masson. París, Francia.

Leger L, Lambert J, Mercier D. (1982). Predicted  $VO_2$ max and Maximal Speed For A Multistage 20m Shuttle Run In 7000 Quebec Children Aged 6-17. Med Sci Sports Exer. 1982;15:142-143.

López J, Fernández A. Fisiología del ejercicio. Médica Panamericana. Buenos Aires. 2010.

Malina R, Bouchard C. Growth, Maturation and Physical Activity. Champaign: Human Kinetics. 1991



Martínez J. Pruebas de Aptitud Física. (2ª edición) Barcelona: Paidotribo 2002

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. Batería de pruebas EUROFIT. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia. 1992.

Mora JG. Evaluación Médico Deportiva. En: Boletín del Centro Regional de Desarrollo. N° 21. Oct. 1999. Santa Fé. CDR. Pag. 3-15.

Navarro F. La Resistencia. Madrid: Gymnos. 1999.

Noonan V, Dean E. Submaximal Exercise Testing: Clinical Application and Interpretation. Physical Therapy: Aug 2000; Vol. 80, No. 8. Pp. 782-807.

Ortega R. Medicina del Ejercicio Físico y del Deporte para la Atención a la Salud. Madrid: Díaz de Santos. 1992.

Serrato M. Prescripción del Ejercicio. Parte III. Evaluación del Fitness. En: Acta Colombiana de Medicina del Deporte. 2004. Año 11, vol. 10 N° 2

Ramos S. Entrenamiento de la Condición Física. Armenia. Kinesis. 2001.

Rodríguez FA. et al. Valoración de la Condición Física Saludable en Adultos (I): Antecedentes y Protocolos de la Batería AFISAL – INEFC. APUNTS 54-75. 1998.

Rodríguez FA. et al. Valoración de la Condición Física Saludable en Adultos (II): Fiabilidad, Aplicabilidad y Valores Normativos de la Batería AFISAL – INEFC. APUNTS 1998. 54:65

Schneider W. et al. Fitness. Movilidad-Fuerza-Resistencia. Barcelona. Scriba, S.A. 1993.

Serrato M. Medicina del Deporte. Bogotá: Universidad del Rosario. 2008

Sharkey B. Nuevas Dimensiones del Fitness Aeróbico. Barcelona: Paidotribo. 1993

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AACPDM Methodology to Develop Systematic Reviews of Treatment Interventions (Revisión 1.2) Versión 2008.

Disponible en:

[http://www.aacpdm.org/membership/members/committees/treatment\\_outcomes\\_methodology.pdf](http://www.aacpdm.org/membership/members/committees/treatment_outcomes_methodology.pdf)

Bouchard C, Shephard R. Physical Activity, Fitness, and Health: The Model and Key Concepts. Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement. (p. 77-88). Champaign, IL, England: Human Kinetics Publishers. XXIV, 1994. P.1055.

Disponible en: <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1994-97580-003>

Bentley DJ, Newel J, Bishop D. Incremental Exercise Test Design and Analysis: Implications for Performance Diagnostics in Endurance Athletes. 2005. Vol. 37 Nº 7. P.575.

Disponible en:

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=17595153](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17595153)

Brown M. Fitness and its Affects on the Military.

Disponible en: <http://www.dtic.mil/cgi->

[in/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA431871](http://www.dtic.mil/cgi-in/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA431871)

Carey D. Richardson M. Can Aerobic And Anaerobic Power Be Measured In A 60 Second Maximal Test? 2003. Vol. 2. P.151: 57

Disponible en: <http://jsportscimed.org/vol2/n4/5/v2n4-5pdf.pdf>

Caspersen C, Powell K, Christenson G. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. 1985. Vol. 100, Nº 2. P. 127.

Disponible en:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1424733/pdf/pubhealthrep00100-0016.pdf>

Castillo MJ. Physical Fitness Is An Important Contributor To Health For The Adults Of Tomorrow. 2007. Vol. 17 Nº 1 p. 2:8

Disponible en: <http://www.cafyd.com/selec0701/Selultimo.pdf>

Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.0.2 [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2010.

Disponible en <http://www.cochrane.es/node/242>

Cirilo De Sousa, M.S. et.al. (sin año). Ergometría y Ergoespirometría: Abordagem Aos Testes de Banco.

Disponible en: <http://laafisc.com.br/site/artigos/art12.pdf>

Delgado M, Palma S, (sin año) Evaluación Critica de la Revisión Sistemática y Metanálisis. Aportaciones de la Revisión Sistemática y del Metanálisis en la Salud Pública. Área de Medicina Preventiva y Salud Pública.

Universidad de Jaén. Cataluña.

Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v80n5/colaboracion5.pdf>

Durandt J, Tee T, Prim S, Lambert M. Physical Fitness Components Associated With Performance in a Multiple-Sprint Test. 2006. Vol. 1

Disponible en:

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=19114747](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19114747)

Eaton T, Young P, Nicol K, Kolbe J. The Endurance Shuttle Walking Test: a Responsive Measure in Pulmonary Rehabilitation for COPD Patients. 2005. Vol. 3 Nº1. P. 3:9.

Disponible en:

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=16509172](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16509172)

Evidencias en Pediatría. Fundamentos de Medicina Basada en la Evidencia. Revisión Sistemática y Metanálisis (II).

Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2541282>>

Glaner MF. Concordancia de Questionarios de Atividade Fisica Com a Aptidao Cardiorrespiratoria. 2007. Vol. 9 Nº 1, P.61:66

Disponible en: <http://www.rbcdh.ufsc.br/MostraEdicao.do?edicao=28>

Guerra J. Martín P. Santos J. Las Revisiones Sistemáticas, Niveles de Evidencia y Grados de Recomendación de las Revisiones Sistemáticas. 2009

Disponible en:

[http://www.fisterra.com/mbe/mbe\\_temas/19/mbe\\_rev\\_sistematicas2.pdf](http://www.fisterra.com/mbe/mbe_temas/19/mbe_rev_sistematicas2.pdf)

Jiménez A. La Valoración de la Aptitud Física y Su Relación con la Salud. 2007 Vol. 2 Nº. 2 Julio 2007.

Disponible en:

<http://intranet.kiobus.com/revistaedudeporte/documentos/articulos/11.pdf>

Kallinen M. Beneficios Cardiovasculares Y Peligros Potenciales de la Actividad Física en Personas Ancianas. 2005. Vol. 4 Nº 17, P. 1:57

Disponible en: <http://jsportscimed.org/suppls/7/v4s7abst.php>

Loch M. Konrad L. Domingos P. Nahas, M. Perfil Da Aptidão Física Relacionada À Saúde De Universitários Da Educação Física Curricular. 2006. Vol. 8 Nº P. 64:71

Disponible en:

[http://scholar.google.es/scholar?start=50&q=Bateria+de+Testes+de+Aptid%C3%A3o+F%C3%ADsica+Geral+PHYSICAL+OR+CONDITION+OR+AND+OR+FITNESS&hl=es&as\\_sdt=2000&as\\_ylo=2000&as\\_yhi=2009](http://scholar.google.es/scholar?start=50&q=Bateria+de+Testes+de+Aptid%C3%A3o+F%C3%ADsica+Geral+PHYSICAL+OR+CONDITION+OR+AND+OR+FITNESS&hl=es&as_sdt=2000&as_ylo=2000&as_yhi=2009)

Lucasa NP, Macaskillb P, Irwigg L, Bogduk N. The Development of a Quality Appraisal Tool for Studies of Diagnostic Reliability (QAREL). Journal of Clinical Epidemiology 63. 2010. 854:861. Consulta 12 septiembre de 2011.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20056381>

Marsh H. Redmayne R. A Multidimensional Physical Self-Concept And Its Relations To Multiple Components Of Physical Fitness. Journal of Sport & Exercise Psychology. 1994. Vol 16(1), Mar, P. 43:55.

Disponible en: <http://psycnet.apa.org/?fa=main.doiLanding&uid=1994-33090-001>

Méndez J de L. Guía para la Preparación de Referencias Bibliográficas Según estilo Vancouver. Guatemala. 2011. Consulta el 24 septiembre de 2011.

Disponible en:

[http://medicina.usac.edu.gt/graduacion/Normas\\_de\\_Ref\\_Medicina\\_vancouver.pdf](http://medicina.usac.edu.gt/graduacion/Normas_de_Ref_Medicina_vancouver.pdf)

Nonoyama ML, Brooks D, Lacasse Y, Guyatt GH, Golstein RS. Oxigenoterapia Durante el Entrenamiento con Ejercicios para la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Revisión Sistemática. Biblioteca Cocharane Plus, 2008, N° 2.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. La inactividad física: Un factor principal de riesgo para la salud en las Américas Actividad Física: Hoja Informativa 3 de 5. Enero 2002.

Disponible en: <http://www.paho.org/Spanish/HPP/HPN/whd2002-factsheet3.pdf>

Ramírez H. Acondicionamiento Físico y Estilos de Vida Saludable. En: Revista Medicina del Ejercicio. Colomb Med; 1997. 28, P. 99:102. Cali. Consulta: 22 de noviembre de 2009.

Reitsma JB, Rutjes AWS, Whiting P, Vlassov VV, Leeflang MMG, Deeks JJ. Chapter 9: Assessing methodological quality. In: Deeks JJ, Bossuyt PM, Gatsonis C (editors), Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy Version 1.0.0. The Cochrane Collaboration, 2009.

Disponible en: <http://srdta.cochrane.org/>.

Revisión Sistemática y Metanálisis en Biomedicina. 2008. Vol. 55, N°.1enero-febrero.

Disponible en: [http://nietoeditores.com.mx/download/alergia/enero-febrero%202008/Alergia2008-55\(1\)-1-2.pdf](http://nietoeditores.com.mx/download/alergia/enero-febrero%202008/Alergia2008-55(1)-1-2.pdf)

Review Manager (RevMan) [Computer program]. Version 5.1. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2011.

Torpy J, Glass R. Fitness. JAMA .2005. Vol. 294 N° 23. P. 3048

Disponible en: <http://jama.ama-assn.org/cgi/reprint/294/23/3048.pdf>

Urrtia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metanálisis. 2010.

Disponible en: [www.elsevier.es/medicinaclinica](http://www.elsevier.es/medicinaclinica)

Garatachea N. Análisis de la Condición Física Funcional de Personas Mayores e Influencia de un Programa de Actividad Física. 2004. Vol. 3 N° 5

Disponible en: [http://www.revistakronos.com/docs/File/kronos/5/kronos\\_5\\_1.pdf](http://www.revistakronos.com/docs/File/kronos/5/kronos_5_1.pdf)

Vila JM. La Batería Eurofit como Medio de Detección de Talentos Apunts: Educación Física i Esports, 1990. (22) P. 59:68

Virtuoso-Júnior J, Oliveira J, Guerra R. Characterizing the Level of Functional Fitness of Female Senior- Citizens Residing in Low-income Communities. 2008. Vol. 10 N° 5. P. 732:743

Disponible en: [http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S01200642008000500006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S01200642008000500006&script=sci_arttext)

Diccionarios de Español, Inglés, Francés y Portugués.

Disponible en: <http://www.wordreference.com/definicion>

Yucra J. Algunas Consideraciones para la Utilización de las Baterías de Test de la Condición Física. Revista Digital - Buenos Aires - Año 7 - N° 38 - Julio de 2001. Consulta: 8 de mayo de 2009.

Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd38/test.htm>

## ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO PARA MEDIR EL VO<sub>2</sub>MAX.

MÉTODO	FUENTE	PROTOCOLO	RESULTADO	OBJETIVO DE LA PRUEBA
Rockport	Dolgener	Caminar una milla (1,609 m) en el menor tiempo posible	VO <sub>2</sub> max = L/min	Predecir el consumo máximo de oxígeno
Rockport	Kline	Caminar una milla (1,609 m) en el menor tiempo posible	VO <sub>2</sub> max = L/min	Predecir el consumo máximo de oxígeno
Queen's College Hombres	Chatterjee	Subir un banco de 41,3cm durante 3 minutos a 24 ciclos por minuto con metrónomo.	VO <sub>2</sub> max ml/kg/min	Predecir el consumo máximo de oxígeno
Prueba de 1,5 millas	Larsen	Recorrer milla y media caminando, corriendo ó trotando en el menor tiempo posible	VO <sub>2</sub> max ml/kg/min	Predecir el consumo máximo de oxígeno
Prueba de 1000 metros	Díaz	Caminar-correr en pista de 400 ó 200 metros la distancia indicada en el menor tiempo posible	VO <sub>2</sub> max ml/kg/min	Predecir el consumo máximo de oxígeno

## ANEXO 2. DEFINICIONES IMPORTANTES

**CALIDAD:** Valoración de un artículo para determinar si ha sido escrito según los mejores estándares de calidad científica.

**CONSUMO DE OXIGENO:** cantidad de oxígeno que puede consumir el organismo por kilogramo de peso corporal y por minuto de trabajo en un esfuerzo máximo.

**ERGÓMETRO:** Instrumento destinado a medir el trabajo realizado por un músculo o grupo muscular.

**FIABILIDAD INTEROBSERVADOR:** Se refiere al acuerdo entre dos o más evaluadores que evalúan a una misma persona o grupo con determinada prueba.

**FIABILIDAD INTRAOBSERVADOR:** Se refiere al acuerdo entre dos evaluaciones realizadas por el mismo evaluador con una prueba a una determinada persona o grupo.

**GOLD STANDARD (patrón de oro):** Es el punto de referencia más adecuado para realizar un diagnóstico, su especificidad y sensibilidad se acerca a un 100%.

**PRECISIÓN:** Que tan constantes o similares son las medidas.

**PRISMA:** Propuesta para mejorar las publicaciones de revisiones sistemáticas y metanálisis

**QAREL:** herramienta para la evaluación de estudios diagnósticos.

**QUADAS:** evaluación de la calidad de los estudios de confiabilidad diagnóstica

**SESGO:** Cuando la ocurrencia de un error no es producto del azar sino que aparece de manera sistemática.

**SESGO DE PUBLICACIÓN:** Se refiere a la publicación en las revistas de solo los artículos que contienen información que le interesa a determinado gremio, grupo, entidad, industria etc.

**SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA:** nivel establecido por el investigador para establecer si las diferencias son estadísticamente significativas. Se suele utilizar el alfa igual a 0,05 ó 0,01.



VALIDEZ: Medida de la sensibilidad, la confianza y la especificidad de una prueba.

## **ABREVIATURAS**

SEE: Error sistemático de evaluación.

VO<sub>2</sub>max: Consumo Máximo de Oxígeno

VO<sub>2</sub>max Rel.: Consumo Máximo de Oxígeno por kilogramo de peso corporal y por minuto de trabajo (ml\*kg<sup>-1</sup>\*min<sup>-1</sup>)

R: Coeficiente de correlación de *Pearson*.

### **ANEXO 3. COMUNICACIÓN CON LOS AUTORES**

Carta al Dr. SATIPATI CHATERJEE

Good morning. My name is Angelica Garcia, I am form Colombia and I read your issue about VO2 max in universitary females published in the Indian Journal of Medicine Research in January 2005, and I did not find the r value for the correlation between VO2 max and PVO2 max. I understood that it was not correlation but the value is not explicit and I need it for to make a systematic review about the subject, so I would like to know if you are interested in to involve your work in this systematic review.

I guess your answer.

Thanks.

## Tabla de contenido

1. RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	4
3. ANTECEDENTES .....	5
4. OBJETIVO.....	9
5. MÉTODO.....	10
5.1 TIPO DE ESTUDIO.....	10
5.2 BÚSQUEDA DE LA INFORMACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ARTÍCULOS .....	10
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS.....	11
5.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	13
5.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	13
5.6 PROCEDIMIENTO.....	13
5.7 EXTRACCIÓN DE DATOS Y SUMARIO.....	14
5.8 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD.....	15
5.9 FUENTES DE SESGO .....	21
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	23
6.1 BÚSQUEDA DE LITERATURA .....	23
6.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS. ....	25
6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
6.4 ANÁLISIS DE CADA UNA DE LAS PRUEBAS .....	31
6.4.1 Prueba De 1,5 Millas (2414 M.).....	31

6.4.2 Prueba de Queen's College.....	32
6.4.3 Prueba de Rockport Fitness Walking Test .....	33
6.4.4 Prueba Aeróbica De 1000 Metros .....	34
6.5 COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE PRUEBAS DE CAMPO .....	35
6.6 DISCUSIÓN.....	36
6.6.1 Importancia del VO <sub>2</sub> max. para la salud .....	37
6.6.2 La evaluación del VO <sub>2</sub> max .....	38
6.6.3 La calidad científica de las pruebas de campo para la evaluación del VO <sub>2</sub> max .....	39
6.6.4 La aplicabilidad de las pruebas de campo en el área de la salud .....	40
7. CONCLUSIONES.....	41
7.1 IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA.....	41
7.2 IMPLICACIONES PARA LA INVESTIGACIÓN.....	43
7.3 CONFLICTOS POTENCIALES DE INTERESES .....	43
REFERENCIAS.....	44
REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS EN ESTA REVISIÓN.....	44
REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS EXCLUIDOS EN TERCERA REVISIÓN....	45
ANEXOS .....	60
ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO PARA MEDIR EL VO <sub>2</sub> MAX. ....	60
ANEXO 2. DEFINICIONES IMPORTANTES.....	61
ANEXO 3. COMUNICACIÓN CON LOS AUTORES .....	63
Carta al Dr. SATIPATI CHATERJEE .....	63
ÍNDICE DE TABLAS .....	66
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	67
ÍNDICE DE FIGURAS .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Núm.	Contenido	Pág.
1	Criterios de inclusión.	13
2	Criterios de exclusión.	13
3	Características del artículo de Kline 1987.	25
4	Características del artículo de Larsen 2002.	26
5	Características del artículo de Chatterjee 2004.	27
6	Características del artículo de Díaz 2000.	28
7	Características del artículo de Dolgener 1994.	29
8	Artículos eliminados de la revisión y causa.	47
9	Autor y año de los estudios eliminados.	47

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Núm.	Contenido	Pág.
1	Correlación 1,5 millas y $VO_2\text{max}$ .	32
2	Correlación Rockport Walking Fitness Test y $VO_2\text{max}$	34
3	Correlación pruebas de campo y $VO_2\text{max}$	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº.	Título	Pag.
1	Resumen de la apreciación crítica del artículo " <i>Estimation of VO<sub>2</sub>max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight</i> ". Kline GM (1987).	16
2	Resumen de la apreciación crítica del artículo " <i>Validation of the Rockport Fitness Walking Test in College Males and Females</i> ". Dolgener FA. (1994)	17
3	Resumen de la apreciación crítica del artículo " <i>Prediction of Maximum Oxygen Consumption From Walking, Jogging, or running</i> ". Larsen GE. (2002)	18
4	Resumen de la apreciación crítica del artículo "Validación y confiabilidad de la prueba aeróbica de 1000 metros". Díaz FJ Montaña JG, Melchor MT, Guerrero JH, Tovar JA. (2000)	19
5	Resumen de la apreciación crítica del artículo " <i>Validity of Queen's College Step Test for use with young Indian men</i> ". Chatterjee S. (2004)	20
6	Diagrama de flujo de la información	24