

Universidad de Valparaíso  
Escuela de Kinesiología  
Facultad de Medicina

---

## **TÍTULO**

**Evaluación de la correlación entre el  $VO_2$  máx estimado por fórmula matemática del Incremental Shuttle Walking Test y el  $VO_2$  máx medido por ergoespirometría en adultos jóvenes de 18 a 30 años de la región de Valparaíso.**

**AUTOR: GUSTAVO GALLARDO OLIVARES  
MARTÍN NAVARRO RIVERA**

**PROFESOR GUÍA: KLGO. DANIEL PONCE**

Escuela de Kinesiología  
Facultad de Medicina  
Universidad de Valparaíso

**Valparaíso-Chile**

**2025**

## ÍNDICE

1. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	4
2. ÍNDICE DE ANEXOS .....	5
3. ABSTRACT .....	6
4. RESUMEN .....	7
5. ABREVIATURAS.....	8
6. INTRODUCCIÓN .....	9
6.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
6.2 VIABILIDAD DEL PROYECTO .....	10
7. MARCO TEÓRICO .....	11
7.1 CONSUMO DE OXÍGENO (VO <sub>2</sub> ) .....	11
7.2 CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (VO <sub>2</sub> MÁX) .....	11
7.3 ERGOESPIROMETRÍA: EL ESTÁNDAR DE ORO.....	12
7.4 TEST DE BRUCE.....	12
7.5 PRUEBAS SUBMÁXIMAS: EL CASO DEL ISWT .....	13
7.6 ESTIMACIÓN DEL VO <sub>2</sub> MAX A PARTIR DEL ISWT .....	13
7.7 CORRELACIÓN ENTRE MÉTODOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	14
8. METODOLOGÍA.....	16
8.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
8.3 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO .....	17
8.4 HIPÓTESIS .....	17
8.5 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	17
8.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	18
9. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
9.1 VARIABLES.....	19
9.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	21
9.3. RECLUTAMIENTO DE LOS(LAS) PARTICIPANTES Y/O BASE DE DATOS.....	21
9.4. JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y RELEVANCIA DEL PROYECTO.....	22
9.5 PROCEDIMIENTO .....	22



9.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	24
9.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	24
10. RESULTADOS .....	26
10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA .....	26
10.2 RESULTADOS DEL VO <sub>2</sub> MÁX EN ERGOESPRIOMETRÍA Y DEL VO <sub>2</sub> MÁX ESTIMADO MEDIANTE ISWT.....	28
10.3 PRUEBA DE NORMALIDAD: SHAPIRO-WILK.....	29
10.4 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN .....	30
10.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN POR SEXO .....	31
11. DISCUSIÓN .....	33
12. CONCLUSIÓN .....	36
13. BIBLIOGRAFÍA .....	37

## 1. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 Variables .....	19
Tabla 2 Datos estadísticos descriptivos de las variables antropométricas de la muestra (N=52) .....	26
Tabla 3 Comparación de variables antropométricas en hombres (N=33) y mujeres (N=19) .....	27
Tabla 4 Distribución porcentual de la muestra según sexo .....	28
Tabla 5 Datos estadísticos descriptivos de VO <sub>2</sub> máx Bruce y VO <sub>2</sub> máx ISWT .....	28
Tabla 6 Comparación de VO <sub>2</sub> máx Bruce y VO <sub>2</sub> máx ISWT entre hombres (M) y mujeres (F) .....	29
Tabla 7 Prueba de normalidad del VO <sub>2</sub> máx Bruce y VO <sub>2</sub> máx ISWT .....	29
Tabla 8 Correlación de Pearson entre VO <sub>2</sub> máx Bruce y VO <sub>2</sub> máx ISWT.....	30
Tabla 9 Correlación de Pearson entre VO <sub>2</sub> máx Bruce y VO <sub>2</sub> máx ISWT en Hombres (M) .....	31
Tabla 10 Correlación de Pearson entre VO <sub>2</sub> máx Bruce y VO <sub>2</sub> máx ISWT en mujeres (F).....	32

## 2. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 5. Procedimiento ISWT  
Anexo 6. Procedimiento Ergoespirometría  
Anexo 3. Consentimiento informado  
ARTEspirometría  
Ficha clínica de paciente  
Acta de evaluación bioética

### 3. ABSTRACT

The objective of this study was to determine the relationship between maximal oxygen uptake ( $VO_2\text{max}$ ) estimated by the mathematical equation of the Incremental Shuttle Walking Test (ISWT) and  $VO_2\text{max}$  measured by direct cardiopulmonary exercise testing in young adults from Valparaíso, Chile. Healthy participants aged 18–30 years performed a maximal cardiopulmonary exercise test and the ISWT on separate sessions.  $VO_2\text{max}$  was estimated using the predictive ISWT equation. The association between both measurements was evaluated through Pearson's correlation test. Results showed a moderate and significant positive relationship between the estimated and directly measured  $VO_2\text{max}$  ( $r = 0.42$ ;  $p = 0.002$ ), indicating that the ISWT equation provides an approximate estimation of cardiorespiratory capacity in this population. These findings support the ISWT as a complementary field tool for  $VO_2\text{max}$  estimation when access to laboratory equipment is limited.

**Keywords:**  $VO_2\text{máx}$ , Incremental Shuttle Walking Test, cardiopulmonary exercise testing.

#### 4. RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre el  $VO_2$ máx estimado mediante la ecuación matemática del Incremental Shuttle Walking Test (ISWT) y el  $VO_2$ máx medido por ergoespirometría directa en adultos jóvenes de Valparaíso, Chile. Se evaluaron sujetos sanos entre 18 y 30 años que realizaron una ergoespirometría máxima y el ISWT en sesiones separadas. El  $VO_2$ máx fue estimado a través de la ecuación predictiva del ISWT. La relación entre ambas mediciones se analizó mediante la prueba de correlación de Pearson. Los resultados mostraron una relación positiva moderada y significativa entre el  $VO_2$ máx estimado y el medido directamente ( $r = 0,42$ ;  $p = 0,002$ ), lo que indica que la ecuación del ISWT entrega una estimación aproximada de la capacidad cardiorrespiratoria en esta población. Estos resultados respaldan el uso del ISWT como herramienta complementaria para la estimación de  $VO_2$ máx en contextos sin acceso a equipamiento de laboratorio.

**Palabras clave:**  $VO_2$ máx, Incremental Shuttle Walking Test, ergoespirometría.

## 5. ABREVIATURAS

$VO_2$ : Consumo de oxígeno

$VO_{2m\acute{a}x}$ : Consumo máximo de oxígeno

ISWT: Incremental Shuttle Walking Test

$VCO_2$ : Producción de Dióxido de Carbono

VE: Ventilación

FR: Frecuencia respiratoria

FC: Frecuencia cardiaca

PA: Presión arterial

EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

IMC: Índice de masa corporal

$VO_{2m\acute{a}x}$  Bruce: Consumo de oxígeno máximo medido mediante test de Bruce en ergoespirometría

$VO_{2m\acute{a}x}$  ISWT: Consumo de oxígeno máximo estimado mediante Incremental Shuttle Walking Test

## 6. INTRODUCCIÓN

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx) es un indicador clave de la capacidad aeróbica y la eficiencia del sistema cardiorrespiratorio. Su medición precisa es esencial en ámbitos clínicos y deportivos para evaluar la salud funcional y el rendimiento físico. La **ergoespirometría**, considerada el estándar de oro, permite una valoración directa del  $VO_2$ máx mediante el análisis de gases durante una prueba de esfuerzo máxima. Sin embargo, su aplicación rutinaria se ve limitada por factores como el costo, la necesidad de equipo especializado y la formación técnica requerida. Srivastava et al (2024)

En este contexto, el Incremental Shuttle Walking Test (ISWT) se utiliza como una alternativa válida. Esta prueba de campo, que consiste en caminar a intervalos progresivos en un recorrido de 10 metros, ha mostrado correlaciones significativas con el  $VO_2$ máx medido directamente. Lima et al (2019). No obstante, la precisión de las fórmulas existentes para estimar el  $VO_2$ máx a partir del ISWT en poblaciones jóvenes sanas chilenas no ha sido validada.

Este estudio busca determinar si la fórmula utilizada en el ISWT puede utilizarse como una herramienta confiable y precisa en la evaluación del  $VO_2$ máx en adultos jóvenes, o si requiere adaptaciones.

### 6.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es correcta la correlación del  $VO_2$ máx estimado por la fórmula matemática del ISWT con el valor obtenido mediante ergoespirometría directa en adultos jóvenes de 18 a 30 años de la región de Valparaíso?

## **6.2 VIABILIDAD DEL PROYECTO**

La viabilidad del presente proyecto se sustenta en diversos factores clave. En primer lugar, se cuenta con el equipamiento necesario para la realización de las pruebas de ergoespirometría, disponible en el laboratorio de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso. A ello se suma la experiencia y supervisión constante del profesor guía, así como el trabajo coordinado del equipo de investigación.

Para la recolección de datos, se proyecta el reclutamiento de individuos provenientes de la Región de Valparaíso, pertenecientes a un rango etario específico, 18 a 30 años, lo cual permitirá conformar una muestra representativa y heterogénea. Las pruebas a realizar no son extensas y se efectuarán en dos jornadas, lo que, mediante una adecuada organización con los participantes, contribuirá a una gestión eficiente del tiempo.

Entre las principales limitaciones se identifican el tamaño de la muestra, la dependencia del profesor guía para la ejecución de las pruebas de ergoespirometría, y la posible variabilidad de los resultados del test de caminata incremental (ISWT). No obstante, estas dificultades pueden abordarse mediante una selección cuidadosa de los participantes, la planificación rigurosa de las sesiones, y el cumplimiento estricto de los protocolos por parte de todos los tesisistas. Además, el tamaño muestral mínimo estimado (47 personas) es alcanzable, y el profesor guía ha confirmado su disponibilidad para participar activamente en el desarrollo del proyecto.

## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1 CONSUMO DE OXÍGENO ( $VO_2$ )

El consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) es la cantidad de oxígeno que el cuerpo utiliza para producir energía mediante el metabolismo aeróbico. Refleja la eficiencia con la que el sistema cardiovascular y los tejidos captan y usan oxígeno, además de ser clave en la evaluación clínica del estado metabólico y funcional. Factores como el gasto cardíaco, la oxigenación sanguínea y el estado metabólico influyen directamente en su valor. (Divakaruni y Jastroch, 2022)

### 7.2 CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO ( $VO_{2MÁX}$ )

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ) representa la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir durante el ejercicio a intensidades máximas. Se expresa en mililitros por kilogramo de peso corporal por minuto (L/min) y se considera el mejor indicador cuantitativo de la capacidad cardiorrespiratoria y del rendimiento aeróbico. (Bassett, 2000)

Este parámetro no sólo es relevante para el deporte de alto rendimiento, como es demostrado en el estudio de Srivastava et al (2024), sino que también tiene implicancias clínicas. Diversos estudios han demostrado que un bajo  $VO_{2máx}$  se asocia con un mayor riesgo de mortalidad cardiovascular y por todas las causas (Kodama et al., 2009). Otros estudios sugieren una asociación de una mayor capacidad aeróbica, que se mide usando el  $VO_{2máx}$ , con ser un factor protector para enfermedades cardiovasculares (Ångström et al., 2020). Por tanto, su medición confiable permite no solo evaluar el rendimiento físico, sino también el pronóstico de salud a largo plazo (Laukkanen et al., 2004).

### 7.3 ERGOESPIROMETRÍA: EL ESTÁNDAR DE ORO

La ergoespirometría es una prueba de esfuerzo cardiorrespiratoria que mide la respuesta fisiológica durante un ejercicio controlado, generalmente en una cinta rodante o cicloergómetro. Esta técnica permite analizar variables como el  $VO_2$ , producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), la ventilación (VE), la frecuencia respiratoria (FR) y el umbral anaeróbico, entre otras.

Este método es altamente preciso y se considera el “**gold standard**” para la medición directa del  $VO_{2máx}$ . Sin embargo, presenta desventajas: requiere equipamiento costoso, personal capacitado y un entorno controlado. Por estas razones, su uso está limitado a centros especializados o de investigación. Kravchychyn et al (2015).

### 7.4 TEST DE BRUCE

El protocolo de Bruce es una de las pruebas más utilizadas en la ergoespirometría. Consiste en un test de esfuerzo progresivo en cinta rodante, donde se incrementa la velocidad y la inclinación cada tres minutos. Su objetivo es llevar al sujeto a un esfuerzo máximo para poder determinar con precisión el  $VO_{2máx}$ . El protocolo está validado para diferentes poblaciones y ha demostrado buena sensibilidad para detectar alteraciones en la función cardiorrespiratoria (Vilela et al., 2023).

## 7.5 PRUEBAS SUBMÁXIMAS: EL CASO DEL ISWT

Dada la dificultad de aplicar pruebas máximas en todos los contextos, se han desarrollado **test submáximos de campo**, como el *Incremental Shuttle Walking Test*, una prueba incremental sub-máxima de ejercicio (Ciudad et al, 2018). Esta prueba fue desarrollada originalmente por Singh et al. (1992) para evaluar la capacidad funcional en pacientes con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), pero se ha extendido a otras poblaciones.

El ISWT consiste en caminar de ida y vuelta en un tramo de 10 metros al ritmo marcado por señales sonoras. La velocidad aumenta progresivamente cada minuto. Aunque no alcanza intensidades máximas como la ergoespirometría, tiene la ventaja de ser económica, fácil de implementar, segura y replicable. Además, estudios recientes han demostrado buena correlación entre la distancia recorrida en ISWT y el  $VO_2$ máx (Chae et al., 2022).

## 7.6 ESTIMACIÓN DEL $VO_2$ MAX A PARTIR DEL ISWT

Existen fórmulas matemáticas para estimar el  $VO_2$ Max de una persona mediante el Incremental Shuttle Walking Test, que presentan ventajas a nivel clínico, como su bajo costo y fácil realización, ya que requiere poco equipamiento y se puede aplicar en cualquier localización. La fórmula que se ocupará es la siguiente:

$$- \quad 19.793 + (0.02 \times \text{distance walked}) - (0.236 \times \text{age}). \rightarrow VO_2\text{máx}$$

Esta fórmula ha sido validada en estudios como el de Lima et al. (2019), que demuestran su aplicabilidad en mujeres jóvenes y saludables en contextos clínicos.

Aunque el estudio de Lima proporciona una estimación confiable del  $VO_{2max}$ , persiste un debate en torno a su precisión al compararse con valores obtenidos mediante ergoespirometría directa en distintos tipos de poblaciones. En este estudio se utilizará la fórmula de Lima, considerando que fue desarrollada exclusivamente en una población de mujeres jóvenes saludables, mientras que la investigación actual se enfoca en una población chilena de entre 18 y 30 años, lo que introduce una mayor variabilidad poblacional. Esta diferencia permite explorar la aplicabilidad y la posible validación de la fórmula en un grupo más amplio y diverso, lo que podría contribuir al fortalecimiento de su uso en otros contextos.

## **7.7 CORRELACIÓN ENTRE MÉTODOS DIRECTOS E INDIRECTOS**

La correlación entre métodos indirectos (ISWT), y directos, (como la ergoespirometría), ha sido estudiada en distintas poblaciones. Aunque algunos estudios muestran correlaciones altas entre ambos, otros reportan una concordancia moderada, lo que genera dudas sobre la fiabilidad de métodos como el ISWT, como sustituto del método directo. En este sentido, estudios recientes advierten que, especialmente en poblaciones sanas o atletas, la estimación del consumo máximo de oxígeno a partir del ISWT debe interpretarse con cautela, recomendando su uso principalmente para monitorizar cambios tras intervenciones o en contextos donde no se dispone de equipamiento más avanzado (Chae et al., 2022).

## **7.8 IMPORTANCIA CLÍNICA Y DEPORTIVA DE EVALUAR EL $VO_{2MAX}$**

Tanto en la práctica clínica como en el deporte, conocer la capacidad aeróbica y anaeróbica de los individuos es clave para establecer diagnósticos, planificar tratamientos, medir el progreso en la rehabilitación o diseñar programas de entrenamiento. En este sentido, la disponibilidad de métodos válidos, confiables y accesibles para estimar el  $VO_{2max}$  es esencial, especialmente en contextos como el chileno, donde los recursos pueden ser limitados.

Estudios aseguran que el entrenamiento físico en deportes induce una serie de adaptaciones fisiológicas que mejoran la capacidad funcional y metabólica del organismo, siendo el  $VO_2$ máx uno de los indicadores centrales de dichos cambios. Estas adaptaciones incluyen mejoras en el gasto cardíaco máximo, la densidad mitocondrial, la capilarización muscular y la actividad enzimática oxidativa. El  $VO_2$ máx, por tanto, no solo refleja la capacidad aeróbica del individuo, sino que también constituye un parámetro clave para la evaluación del rendimiento deportivo y la salud cardiorrespiratoria (MacInnis & Gibala, 2016).

Validar herramientas como el ISWT en población local puede permitir su uso en atención primaria, escuelas, clubes deportivos y programas de salud pública, democratizando el acceso a evaluaciones de la condición física con criterios científicos.

## **8. METODOLOGÍA**

### **8.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la correlación entre los valores de  $VO_2$  máx obtenidos en un test maximal de laboratorio y uno de campo.

### **8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la muestra de adultos de entre 18 y 30 años de la región de Valparaíso haciendo mediciones antropométricas.
- Determinar el  $VO_2$  máx obtenido en el Test de Bruce con ergoespirometría en adultos de entre 18 y 30 años de la región de Valparaíso.
- Estimar el  $VO_2$  máx a través del resultado del Incremental Shuttle Walking Test usando la fórmula matemática de Lima et al, (2019), en adultos de entre 18 y 30 años de la región de Valparaíso.
- Correlacionar el  $VO_2$  máx obtenido en ambos test.

### 8.3 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO

La investigación corresponde a un estudio descriptivo-correlacional, ya que se enfoca en analizar el comportamiento de las variables  $VO_2$ máx en ergoespirometría y  $VO_2$ máx estimado en ISWT, en cuanto a su magnitud y dirección de su correlación.

### 8.4 HIPÓTESIS

**Hipótesis Alternativa (H1):** Existe una correlación lineal significativa entre el  $VO_2$ máx estimado mediante la fórmula matemática del ISWT y el  $VO_2$ máx obtenido mediante ergoespirometría directa en adultos jóvenes de la región de Valparaíso.

**Hipótesis Nula (H0):** No existe una correlación lineal significativa entre el  $VO_2$ máx estimado mediante la fórmula matemática del ISWT y el  $VO_2$ máx obtenido mediante ergoespirometría directa en adultos jóvenes de la región de Valparaíso.

### 8.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para obtener un tamaño muestral para esta investigación se debe tomar en cuenta la varianza de los valores de  $VO_2$ máx en ergoespirometría en adultos jóvenes de edades cercanas a 18 a 30 años y la varianza del  $VO_2$ máx estimado de uno de los tests que serán usados, para esto se usa una prueba piloto de Incremental Shuttle Walking test.



El tamaño muestral fue calculado a través de la siguiente fórmula:

$$1 + \frac{8(1.96)^2(1 - p_1)^2(1 + p_1)^2}{2W_p^2}$$

Donde;

$p_1$ : Coeficiente de concordancia

W: Amplitud aceptable del intervalo de confianza

$$1 + \frac{8(1.96)^2(1 - 0.7)^2(1 + 0.7)^2}{2 * 0.25^2} = 47 \text{ individuos aproximadamente}$$

## 8.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES

- **Variable independiente:**  $VO_2$ máx en ergoespirometría
- **Variable dependiente:**  $VO_2$ máx estimado en ISWT

## 9. MATERIALES Y MÉTODOS

### 9.1 VARIABLES

Las variables a evaluar incluyen consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx), la distancia recorrida en ISWT y datos antropométricos (peso, altura e índice de masa corporal), sin embargo, otras variables han sido medidas durante la ejecución de ambas pruebas, tales como frecuencia cardiaca (FC), presión arterial (PA) y ventilación (VE). Estas últimas no fueron consideradas en los resultados finales

*Tabla 1 Variables*

Variable	Definición	Tipo	Instrumento de Medición	Unidad de Medida	Categoría
Edad	Años cumplidos de los participantes.	Cuantitativa	Encuesta o registro demográfico	Años	-
Sexo	Sexo de los participantes (masculino/femenino).	Cualitativa	Autorreporte	-	Masculino/ Femenino
Estatura	Altura del participante medida en posición erguida.	Cuantitativa	Tallímetro	Centímetros (cm)	-
Peso	Peso corporal del participante.	Cuantitativa	Balanza digital	Kilogramos (kg)	-



Frecuencia cardíaca		Número de latidos del corazón por minuto durante la prueba.	Cuantitativa	Monitor cardíaco	Latidos por minuto (lpm)	-
Consumo de oxígeno máximo (VO <sub>2</sub> max)	de	Volumen de oxígeno máximo consumido durante la prueba.	Cuantitativa	Analizador ergoespirométrico	Mililitros/min/kg (ml/kg/min)	-
Consumo de oxígeno máximo (VO <sub>2</sub> max) estimado mediante ISWT.	de	Volumen de oxígeno máximo estimado, obtenido mediante fórmula que incluye distancia recorrida en ISWT y edad.	Cuantitativa	ISWT	Mililitro/min/kilogramo (ml/min/kg)	-
Ventilación (VE)		Volumen de aire exhalado por minuto.	Cuantitativa	Analizador ergoespirométrico	Litros por minuto (L/min)	-
Consumo de dióxido de carbono (VCO <sub>2</sub> )	de	Volumen de dióxido de carbono exhalado durante la prueba.	Cuantitativa	Analizador ergoespirométrico	Litros por minuto (L/min)	-
Distancia recorrida en ISWT.	en	Distancia total recorrida durante el test.	Cuantitativa	Observación y conteo manual	Metros (m)	-

## **9.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

Criterios de inclusión:

- Ser adultos jóvenes de 18 a 30 años,
- No presentar antecedentes de enfermedades cardiorrespiratorias o
  
- No presentar limitaciones físicas,

Criterios de exclusión:

- Tener diagnóstico de enfermedades respiratorias crónicas
- Tener diagnóstico de enfermedades cardiovasculares
- Tener limitaciones funcionales.

Criterios de exclusión para la espirometría indicados en documento adjunto denominado “Espirometría: Manual de procedimientos. SERChile” (Gutierrez y cols, 2018)

## **9.3. RECLUTAMIENTO DE LOS(LAS) PARTICIPANTES Y/O BASE DE DATOS**

Para la obtención de la muestra, los participantes serán reclutados mediante invitación abierta a la comunidad, a través de un afiche adjunto, difundido por las redes sociales del centro de estudiantes de Kinesiología y de los investigadores, en donde podrán acceder, a través de un código QR del afiche, a una encuesta inicial, la cual solicita datos personales tales como nombre, fecha de nacimiento, contacto telefónico y correo, con el fin de coordinar la visita a la Facultad de Medicina, Universidad de Valparaíso. Además, la entrega de instrucciones necesarias para la realización de los test a evaluar. Procedimiento ISWT (Anexo 5) y Procedimiento Ergoespirometría (Anexo 6).

Los resultados de la aptitud cardiorrespiratoria serán medidos a través de ISWT como test de campo y el test de Bruce en Ergoespirometría.

Además, solicita información personal fundamental, estos datos permitirán determinar si el postulante cumple o no con los criterios de inclusión y exclusión. Una vez que la persona se presente a la cita previamente definida, se le entregará el “Consentimiento informado” (anexo 3), para posteriormente completar, por los tesisistas, la “Ficha clínica

de paciente”, la cual considera datos fundamentales como previsión, contacto de emergencia, entre otros, adjuntada en sección de anexos.

#### **9.4. JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y RELEVANCIA DEL PROYECTO**

La metodología propuesta combina pruebas funcionales, como el Shuttle Walking Test (ISWT) y la ergoespirometría, debido a su capacidad para proporcionar información complementaria sobre la capacidad cardiorrespiratoria y funcional de los individuos. Estas pruebas han demostrado ser herramientas válidas, confiables y accesibles para evaluar parámetros fundamentales en contextos clínicos y deportivos, así como en poblaciones con enfermedades crónicas.

El enfoque metodológico está diseñado para explorar las relaciones entre estas herramientas, con énfasis en la correlación entre las repeticiones del ISWT y parámetros avanzados de ergoespirometría, como el  $VO_2$ máx. Este aspecto es particularmente relevante, ya que el ISWT es una prueba económica y fácil de implementar, lo que podría extender su utilidad como indicador indirecto de la capacidad aeróbica.

La relevancia del proyecto radica en su potencial para mejorar la interpretación de pruebas funcionales simples, aumentando su valor predictivo, explorar su aplicabilidad en población Chilena y en diversas áreas, como la rehabilitación cardíaca, el monitoreo de progresión de enfermedades respiratorias, y la planificación de programas de ejercicio. Además, al establecer una base científica sólida para el uso de ISWT como indicador indirecto del  $VO_2$ máx, este estudio podría contribuir al diseño de protocolos de evaluación más eficientes y accesibles en la práctica clínica y en investigación. Por tanto, este estudio contribuirá a validar herramientas de bajo costo para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria en contextos clínicos y comunitarios.

#### **9.5 PROCEDIMIENTO**

Una vez que la persona se presente a la cita, se hizo entrega del “consentimiento informado” para luego, los tesistas completar la ficha donde se procede a registrar datos básicos y antecedentes médicos. A continuación, se realiza una evaluación

antropométrica y toma de signos vitales: se mide peso, altura e índice de masa corporal (IMC), además de signos vitales como presión arterial y frecuencia cardiaca en reposo, para establecer una línea basal.

Posterior a esto se efectúan los protocolos de Incremental Shuttle walking Test como test de campo y Test de Bruce en ergoespirometría. Además de las siguientes tareas en el orden dispuesto para los reclutados:

-Realización de ISWT: Es una prueba está guiada por señales auditivas, que establece el ritmo de la marcha y aumenta progresivamente la velocidad a intervalos regulares. Evalúa la resistencia y capacidad funcional del paciente mediante caminatas en un recorrido recto de 10 metros. (Singh, S. J., Morgan, M. D., Scott, S., Walters, D., & Hardman, A. E. (1992). Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction). El protocolo será detallado en “Procedimiento SWT” (Anexo 5).

-Realización de Test de Bruce: es una prueba de esfuerzo que evalúa la respuesta cardiovascular al ejercicio en cinta de correr mediante un protocolo que aumenta progresivamente la intensidad. El protocolo está detallado en “Procedimiento Ergoespirometría” (Anexo 6).

Monitoreo ergoespirométrico: Durante los test, se evalúan en tiempo real los parámetros cardiorrespiratorios como  $VO_2$ máx,  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , VE y FC, mediante el equipo de ergoespirometría, de acuerdo con el protocolo chileno 2024, además de la monitorización de presión arterial (PA) y los síntomas reportados por el paciente como dolor torácico, mareos y/o fatiga.

Registro de datos y descanso: Al finalizar cada prueba, se registran nuevamente los signos vitales y se permitirá un período de recuperación de 10 minutos.

Los datos recolectados se procesaron empleando un software estadístico, donde se realizaron análisis descriptivos de las variables principales. Se calcularon promedios, desviaciones estándar y valores de dispersión para  $VO_2$ máx.

## 9.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El principal objetivo del estudio fue correlacionar el  $VO_2$ máx estimado mediante la fórmula de Lima del ISWT ( $VO_2$ máx ISWT) con el  $VO_2$ máx medido en ergoespirometría ( $VO_2$ máx Bruce).

Previo al análisis de datos, se procedió a caracterizar la muestra calculando las medidas de tendencia central de la muestra en función de variables antropométricas, tales como sexo, edad, peso, altura, índice de masa corporal (IMC) y circunferencia de cintura e índice cintura/altura, además de las medidas de tendencia central de  $VO_2$ máx Bruce y de  $VO_2$ máx ISWT. Los datos de la caracterización de la muestra se presentan en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 5

Posterior a esto se evaluó la normalidad de las variables de  $VO_2$ máx ISWT y  $VO_2$ máx Bruce mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Finalmente, para la correlación entre  $VO_2$ máx Bruce y  $VO_2$ máx ISWT, se aplicó la prueba de correlación de Pearson, que permite cuantificar la dirección y la magnitud de asociación entre ambas variables

Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software Jamovi (versión 2.6.44)

## 9.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se garantiza que la participación fue completamente voluntaria, informada y sin coerción. Cada participante fue debidamente informado sobre los objetivos, procedimientos, beneficios esperados, posibles riesgos, y el uso de sus datos personales a través de un consentimiento informado por escrito, el cual debió firmarse antes de realizar cualquier procedimiento.

Se resguardó en todo momento la confidencialidad y anonimato de los datos recolectados. La información personal (nombre, fecha de nacimiento, contacto, entre

otros) fue almacenada en una base de datos protegida, accesible únicamente para los investigadores responsables, y fue utilizada exclusivamente para fines relacionados con la coordinación y análisis del estudio. Al presentar los resultados, no se reveló la identidad de ningún participante.

Los procedimientos que se aplicaron (ISWT y Test de Bruce con ergoespirometría) son pruebas funcionales ampliamente validadas en la literatura científica y no invasivas. No obstante, se tomaron todas las precauciones necesarias para minimizar riesgos asociados al esfuerzo físico, como la evaluación previa de signos vitales, el monitoreo continuo durante las pruebas, y la presencia de personal capacitado para intervenir ante cualquier evento adverso.

Los participantes podían retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias ni penalizaciones. Además, en caso de detectar alteraciones clínicas durante las evaluaciones, se entregó una derivación a atención médica oportuna, respetando el deber de cuidado hacia los sujetos de investigación.

Este proyecto fue presentado al comité de ética correspondiente para su revisión y aprobación, asegurando que todas las fases del estudio cumplen con los estándares éticos de investigación biomédica con seres humanos.

## 10. RESULTADOS

### 10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra estuvo compuesta por 52 individuos, de los cuales 36,5% (n = 19) fueron mujeres y 63,5% (n = 33) hombres.

La edad promedio de los participantes fue de  $22,29 \pm 1,88$  años, con un rango de 18 a 27 años. En cuanto a las medidas antropométricas, el peso promedio fue de  $70,0 \pm 11,45$  kg, la estatura promedio fue de  $1,67 \pm 0,08$  cm y el índice de masa corporal (IMC) tuvo una media de  $25,20 \pm 3,69$  kg/m<sup>2</sup> (DE = 3,69).

La circunferencia de cintura mostró una media de  $78,61 \pm 9,35$  cm, mientras que la índice cintura/altura fue de  $0,47 \pm 0,058$ . (Tabla 2)

*Tabla 2 Datos estadísticos descriptivos de las variables antropométricas de la muestra (N=52)*

Descriptivas						
	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Edad</b>	52	22,29	22,0	1,88	18	27
<b>Peso</b>	52	70,0	68,0	11,45	49,00	110,00
<b>Estatura</b>	52	1,70	1,66	0,08	1,51	1,91
<b>IMC</b>	52	25,21	25,04	3,69	17,78	36,75
<b>Perímetro cintura (cm)</b>	52	78,61	77,75	9,35	61,00	105,00
<b>Índice cintura / estatura</b>	52	0,47	0,47	0,06	0,37	0,61

*Tabla 3 Comparación de variables antropométricas en hombres (N=33) y mujeres (N=19)*

Descriptivas							
	<b>Sexo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Edad</b>	<b>M</b>	33	22,15	22	2,05	18	26
	<b>F</b>	19	22,53	22	1,58	20	27
<b>Peso</b>	<b>M</b>	33	74,43	73,5	10,55	56,00	110,00
	<b>F</b>	19	62,3	59,5	8,67	49,00	83,50
<b>Estatura</b>	<b>M</b>	33	1,71	1,71	0,07	1,59	1,91
	<b>F</b>	19	1,59	1,59	0,04	1,51	1,66
<b>IMC</b>	<b>M</b>	33	25,53	25,46	3,72	19,84	36,75
	<b>F</b>	19	24,65	24,41	3,67	17,78	32,21
<b>Perímetro cintura (cm)</b>	<b>M</b>	33	81,13	81	8,94	65,00	105,00
	<b>F</b>	19	74,24	73	8,57	61,00	93,50
<b>Índice cintura / estatura</b>	<b>M</b>	33	0,48	0,46	0,06	0,37	0,61
	<b>F</b>	19	0,48	0,46	0,06	0,39	0,60

*Tabla 4 Distribución porcentual de la muestra según sexo*

Frecuencias de Sexo			
Sexo	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
<b>M</b>	33	63,5%	63,5%
<b>F</b>	19	36,5%	100,0%

## 10.2 RESULTADOS DEL VO<sub>2</sub>MÁX EN ERGOESPIROMETRÍA Y DEL VO<sub>2</sub>MÁX ESTIMADO MEDIANTE ISWT.

El valor de VO<sub>2</sub>máx obtenido mediante la ergoespirometría presentó una media de 40.9±7,31 ml/kg/min en la muestra total (n = 52). (Tabla 5)

Por otro lado, el VO<sub>2</sub>máx estimado a partir del ISWT mostró una media de 28,9±2,66 ml/kg/min. (Tabla 5)

Al comparar ambos métodos de manera descriptiva, se observó que los valores del ISWT fueron sistemáticamente menores que los obtenidos mediante el protocolo de laboratorio.

Cuando se analizó por sexo, los hombres presentaron valores más altos de VO<sub>2</sub>máx en ambos métodos en comparación con las mujeres, lo cual es consistente con diferencias fisiológicas esperadas. Los valores detallados se presentan en la Tabla X.

*Tabla 5 Datos estadísticos descriptivos de VO<sub>2</sub>máx Bruce y VO<sub>2</sub>máx ISWT*

Descriptivas						
	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>VO<sub>2</sub>máx Bruce</b>	52	40,9	40,5	7,31	26,0	54,0
<b>VO<sub>2</sub>máx ISWT</b>	52	29,8	29,8	2,66	23,2	35,0

*Tabla 6 Comparación de VO<sub>2</sub>máx Bruce y VO<sub>2</sub>máx ISWT entre hombres (M) y mujeres (F)*

Descriptivas							
	SEXO	N	Media	Mediana	DE	Mínimo	Máximo
VO <sub>2</sub> máx Bruce	M	33	44,2	44,0	6,56	30,0	54,0
	F	19	35,3	36,0	4,76	26,0	47,0
VO <sub>2</sub> máx ISWT	M	33	30,8	30,5	2,35	26,1	35,0
	F	19	28,2	28,2	2,36	23,2	33,2

### 10.3 PRUEBA DE NORMALIDAD: SHAPIRO-WILK

Se evaluó la normalidad de las variables VO<sub>2</sub>máx medido en test de Bruce en ergoespirometría (VO<sub>2</sub>máx Bruce) y VO<sub>2</sub>máx estimado mediante la fórmula de Lima (2019) en ISWT (VO<sub>2</sub>max ISWT) mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados obtenidos indican que ambas variables presentan una distribución normal, con valores p de 0,34 en VO<sub>2</sub>máx Bruce y 0,43 en VO<sub>2</sub>máx ISWT.

Dado que dichos resultados indican normalidad se considera apropiado utilizar la prueba de Pearson.

*Tabla 7 Prueba de normalidad del VO<sub>2</sub>máx Bruce y VO<sub>2</sub>máx ISWT*

Descriptivas			
		Shapiro-Wilk	
	N	W	p
VO <sub>2</sub> máx Bruce	52	0.975	0.339
VO <sub>2</sub> máx ISWT	52	0.978	0.427

## 10.4 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Con el fin de analizar la correlación entre  $VO_2$ max Bruce y  $VO_2$ max ISWT, se aplicó la prueba de correlación de Pearson, la cual es una prueba estadística que permite evaluar el nivel de asociación entre ambas variables.

Se obtuvo un coeficiente de correlación de  $r=0,42$  y un valor de  $p=0.002$ . Esto indica que existe una correlación positiva moderada y que la correlación observada es estadísticamente significativa. Akoglu (2018)

*Tabla 8 Correlación de Pearson entre  $VO_2$ máx Bruce y  $VO_2$ máx ISWT*

Matriz de Correlaciones			
		<b><math>VO_2</math>máx Bruce</b>	<b><math>VO_2</math>máx ISWT</b>
<b><math>VO_2</math>máx Bruce</b>	<b>R de Pearson</b>	—	
	<b>gl</b>	—	
	<b>valor p</b>	—	
	<b>N</b>	—	
<b><math>VO_2</math>máx ISWT</b>	<b>R de Pearson</b>	0,42	—
	<b>gl</b>	50	—
	<b>valor p</b>	0,002	—
	<b>N</b>	52	— <sup>1</sup>

## 10.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN POR SEXO

Al evaluar la correlación entre VO<sub>2</sub>máx Bruce y VO<sub>2</sub>máx ISWT separados por sexo se obtuvo en hombres un coeficiente de correlación de  $r=0,116$  y un valor  $p=0,519$  lo que indicó una correlación débil y que no es estadísticamente significativa mientras que, en mujeres,  $r=0,395$  y valor  $p=0,094$ , lo que indicó una correlación moderada y no estadísticamente significativa. Akoglu (2018).

*Tabla 9 Correlación de Pearson entre VO<sub>2</sub>máx Bruce y VO<sub>2</sub>máx ISWT en Hombres (M)*

Matriz de Correlaciones			
		VO <sub>2</sub> máx Bruce	VO <sub>2</sub> máx ISWT
VO <sub>2</sub> máx Bruce	R de Pearson	—	
	gl	—	
	valor p	—	
	N	—	
VO <sub>2</sub> máx ISWT	R de Pearson	0.116	—
	gl	31	—
	valor p	0.519	—
	N	33	—

*Tabla 10 Correlación de Pearson entre VO<sub>2</sub>máx Bruce y VO<sub>2</sub>máx ISWT en mujeres (F)*

Matriz de Correlaciones			
		VO <sub>2</sub> máx Bruce	VO <sub>2</sub> máx ISWT
VO <sub>2</sub> máx Bruce	R de Pearson	—	
	gl	—	
	valor p	—	
	N	—	
VO <sub>2</sub> máx ISWT	R de Pearson	0.395	—
	gl	17	—
	valor p	0.094	—
	N	19	—

## 11. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar la correlación entre el  $VO_2$  máx estimado mediante la fórmula matemática aplicada al Incremental Shuttle Walking Test (ISWT) y el  $VO_2$  máx medido directamente mediante ergoespirometría en adultos jóvenes sanos entre 18 y 30 años de la región de Valparaíso.

De los hallazgos respecto a los datos antropométricos el IMC promedio de la muestra total fue de  $25,21 \pm 3,69$ , mientras que en hombres fue de  $25,53 \pm 3,72$  y en mujeres de  $24,65 \pm 3,67$ . Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (2000), el IMC de los hombres se clasifica en rango de sobrepeso y mujeres en normopeso. Sin embargo, el IMC no permite distinguir entre masa grasa y masa muscular, por lo que en esta población podría haber masa muscular aumentada, especialmente en los hombres, lo que no indicaría un sobrepeso de masa grasa. (Romero-Corral et al., 2008).

En relación con los valores obtenidos de  $VO_2$  máx, la muestra presentó una media de  $40,9 \pm 7,31$  ml/kg/min en el protocolo de Bruce y  $29,8 \pm 2,66$  ml/kg/min en el ISWT. De acuerdo con los rangos normativos del registro FRIEND (Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database), ambos valores se ubicaron dentro de parámetros promedio para hombres y mujeres entre 20 y 29 años (Kaminsky et al., 2015). Esto respalda que tanto el  $VO_2$  máx directo como el estimado se encuentran dentro de parámetros normales para esta población.

Las medias de  $VO_2$  máx obtenidas mediante el protocolo de Bruce y la fórmula del ISWT mostraron una diferencia considerable de 11,1 ml/kg/min. Estos resultados indicaron que la fórmula de Lima subestimó el  $VO_2$  máx real ( $VO_2$  máx Bruce) de los sujetos de prueba. Este patrón de subestimación coincide con lo reportado por Kravchychn et al. (2015), quienes señalan que diversos métodos indirectos tienden a subestimar los valores de  $VO_2$  máx medidos en laboratorio.

Respecto a la correlación, los resultados obtenidos nos entregan un coeficiente de correlación de  $r=0,42$ , con un valor de  $p=0,002$  en la prueba de Pearson, lo que demuestra una correlación moderada y estadísticamente significativa entre el  $VO_2$  máx medido en el protocolo de Bruce y el estimado mediante el ISWT. Este resultado coincide

con estudios que reportaron asociaciones significativas, aunque no equivalentes entre métodos indirectos y pruebas máximas de laboratorio (Kravchychyn et al., 2015). Estos hallazgos permiten confirmar la hipótesis alternativa (H1), que planteaba que, si existía una correlación significativa entre ambos métodos, y rechazar la hipótesis nula (H0), la cual señala que no existe una correlación significativa entre el VO<sub>2</sub>máx estimado por ISWT y el VO<sub>2</sub>máx medido directamente mediante ergoespirometría. Es importante considerar que la correlación moderada encontrada entre ambas pruebas podría explicarse por las limitaciones de la fórmula matemática utilizada para estimar el VO<sub>2</sub>máx en el ISWT, la cual no incorpora variables como IMC, peso o composición corporal. Por ello, su precisión puede verse reducida en individuos cuyos valores antropométricos difieran de los de la población original utilizada por Lima et al. (2019) para desarrollar la ecuación, lo que contribuiría a la magnitud moderada de la correlación observada.

No obstante, la magnitud de la correlación encontrada fue inferior a la descrita por Lima et al. (2019), quienes reportaron valores más altos al validar la misma fórmula en mujeres adultas jóvenes brasileñas. Esta discrepancia puede explicarse por diferencias poblacionales, principalmente relacionadas con el sexo, considerando que la fórmula de Lima fue desarrollada exclusivamente en mujeres, mientras que en nuestro estudio predominó la participación masculina (63%). En el análisis estratificado por sexo, los hombres presentaron un coeficiente  $r = 0,116$  ( $p = 0,519$ ), lo que indica una correlación débil y no estadísticamente significativa y las mujeres mostraron una correlación moderada/baja y no estadísticamente significativa ( $r = 0,395$ ;  $p = 0,094$ ), según los criterios descritos por Akoglu (2018). Estos resultados refuerzan la idea de que la fórmula utilizada podría ajustarse mejor a mujeres, tal como en la población donde fue originalmente validada. Asimismo, Srivastava et al. (2024) señalan que, si bien las pruebas de campo representan alternativas accesibles y de bajo costo frente a la ergoespirometría, su desempeño puede variar por factores como la motivación del sujeto, la familiaridad con la prueba, la biomecánica de la marcha y características específicas de cada muestra, lo que podría contribuir adicionalmente a las diferencias observadas.

Entre las fortalezas del presente estudio, se destaca que la muestra estuvo compuesta por sujetos que compartían características comunes en términos de edad, ausencia de antecedentes patológicos relevantes y capacidad funcional, lo cual otorga homogeneidad a la interpretación de resultados. Sin embargo, la principal limitación fue el análisis por sexo, el cual se vio restringido por el tamaño muestral insuficiente de mujeres y hombres de forma independiente, reduciendo la potencia estadística y la precisión de las correlaciones específicas (Fisterra, 2002)

A pesar de presentar una correlación moderada, el ISWT sigue siendo una herramienta útil en el contexto de la clínica y el deporte, especialmente en entornos donde no se dispone de equipos de ergoespirometría. Sus ventajas incluyen su bajo costo, fácil



**Universidad  
de Valparaíso**  
CHILE

aplicación y buena tolerancia por parte de los sujetos evaluados. Sin embargo, los resultados de este estudio sugieren que la fórmula de Lima et al. (2019) podría requerir una adaptación o validación específica para la población chilena joven, con el objetivo de aumentar su precisión y aplicabilidad clínica.

## 12. CONCLUSIÓN

Los hallazgos de este estudio demuestran que existe una correlación moderada y estadísticamente significativa entre  $VO_2$ máx estimado mediante la fórmula matemática aplicada al Incremental Shuttle Walking Test (ISWT) y el  $VO_2$ máx medido directamente mediante ergoespirometría en adultos jóvenes sanos entre 18 y 30 años de la región de Valparaíso. Esto confirma que la fórmula de Lima aplicada al ISWT es válida como método de aproximación de  $VO_2$ máx y funcional para evaluar capacidad cardiorrespiratoria. Sin embargo, su precisión no es suficiente para remplazar la medición directa, especialmente en contextos clínicos o deportivos que requieren alta exactitud. Se recomienda adaptar la fórmula para población chilena y considerar factores como sexo y valores antropométricos.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

Ångström, L., Hörnberg, K., Sundström, B., Jonsson, S. W., & Södergren, A. (2020). Aerobic capacity is associated with disease activity and cardiovascular risk factors in early rheumatoid arthritis. *Physiotherapy Research International*, 25(3). <https://doi.org/10.1002/pri.1833>

Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal Of Emergency Medicine*, 18(3), 91-93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>

Bassett, D. R. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 70. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>

Chae, G., Ko, E. J., Lee, S. W., Kim, H. J., Kwak, S. G., Park, D., & Ra, S. W. (2022). Stronger correlation of peak oxygen uptake with distance of incremental shuttle walk test than 6-min walk test in patients with COPD: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pulmonary Medicine*, 22(1), 102. <https://doi.org/10.1186/s12890-022-01897-0>

Ciudad, D. A., Díaz, P., Orellana, J. U., & Soto, C. M. (2018). Prueba de caminata de carga progresiva (Incremental Shuttle Walking Test) en niños sanos. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 34(3), 160–164. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-73482018000300160>

Divakaruni, A. S., & Jastroch, M. (2022). A practical guide for the analysis, standardization and interpretation of oxygen consumption measurements. *Nature Metabolism*, 4(8), 978–994. <https://doi.org/10.1038/s42255-022-00619-4>

Fisterra. (2002). *Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal de Pearson*. Recuperado de <https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/determinacion-tamano-muestral-para-calculer-significacion-coeficien>

Gutiérrez C., Mónica, Beroiza W., Teresa, Borzone T., Gisella, Caviedes S., Iván, Céspedes G., Juan, Gutiérrez N., Mónica, Oyarzún G., Manuel, Palacios M., Sylvia, Cartagena S., Claudia, Corrales V., Raúl, Álvarez G., Cecilia, & Schönfeldt G., Patricia. (2018). Espirometría: Manual de procedimientos. SERChile. *Revista chilena de*

*enfermedades respiratorias*, 34(3), 171–188. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482018000300171>

Kaminsky, L. A., Arena, R., & Myers, J. (2015). Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness Measured With Cardiopulmonary Exercise Testing. *Mayo Clinic Proceedings*, 90(11), 1515–1523. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.07.026>

Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: A meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>

Kravchychyn, A. C. P., Alves, J. C. C., Kravchychyn, T. P., Nogueira, G. Â., & Machado, F. A. (2015). Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do VO<sub>2</sub> máx de praticantes de corrida. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21(1), 17–21. <https://doi.org/10.1590/1517-86922015210101412>

Laukkanen, J., Kurl, S., Salonen, R., Rauramaa, R., & Salonen, J. (2004). The predictive value of cardiorespiratory fitness for cardiovascular events in men with various risk profiles: a prospective population-based cohort study. *European Heart Journal*, 25(16), 1428–1437. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2004.06.013>

Lima, L. P., Leite, H. R., Matos, M. A. d., Neves, C. D. C., Lage, V. K. d. S., et al. (2019). Cardiorespiratory fitness assessment and prediction of peak oxygen consumption by Incremental Shuttle Walking Test in healthy women. *PLOS ONE*, 14(2), e0211327. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211327>

MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2016). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915–2930. <https://doi.org/10.1113/jp273196>

Romero-Corral, A., Somers, V. K., Sierra-Johnson, J., Thomas, R. J., Collazo-Clavell, M. L., Korinek, J., Allison, T. G., Batsis, J. A., Sert-Kuniyoshi, F. H., & Lopez-Jimenez, F. (2008). Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *International Journal Of Obesity*, 32(6), 959–966. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.11>

Singh, S. J., Morgan, M. D., Scott, S., Walters, D., & Hardman, A. E. (1992). *Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1494764/>

Srivastava, S., Tamrakar, S., Nallathambi, N., Vrindavanam, S. A., Prasad, R., & Kothari, R. (2024). Assessment of Maximal Oxygen Uptake (VO<sub>2</sub> Max) in Athletes and Nonathletes Assessed in Sports Physiology Laboratory. *Cureus*.

<https://doi.org/10.7759/cureus.61124>

Vilela, E. M., Oliveira, C., Oliveira, C., Torres, S., Sampaio, F., Primo, J., Ribeiro, J., Teixeira, M., Oliveira, M., Bettencourt, N., Viamonte, S., & Fontes-Carvalho, R. (2023). Sixty years of the Bruce protocol: reappraising the contemporary role of exercise stress testing with electrocardiographic monitoring. *Porto Biomedical Journal*, 8(5).

<https://doi.org/10.1097/j.pbj.0000000000000235>

World Health Organization. (2000). *Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation* (WHO Technical Report Series 894). World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/42330>