



Proyecto

**Valores referenciales de consumo de oxígeno como indicador de salud
cardiorrespiratoria en hombres y mujeres físicamente activos entre 18 y 25 años**

Informe de Resultados

Dr. Álvaro Huerta Ojeda

Académico Universidad de Las Américas
Director Núcleo ISAFYD

MSc. Sergio Galdames Maliqueo

Entrenador de Atletismo Escuela Naval
Académico Universidad de Playa Ancha

MSc. Rodrigo Fuentes Kloss

Académico Universidad Católica de Chile

Mayo de 2024

Valores referenciales de consumo de oxígeno como indicador de salud cardiorrespiratoria en hombres y mujeres físicamente activos entre 18 y 25 años

Resumen

Antecedentes: El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) es uno de los indicadores más representativos de la condición física de una persona. Este parámetro permite, entre otros aspectos, determinar el perfil de salud y rendimiento de la población. En la actualidad, para evaluar el $VO_{2máx}$ existen herramientas mínimamente invasivas y tecnológicas. Sin embargo, al interpretar los resultados existe la problemática de la nula existencia de valores normativos o referenciales de $VO_{2máx}$ para la población chilena. **Objetivo:** El propósito principal del presente estudio fue establecer valores referenciales de $VO_{2máx}$ como indicador de salud cardiorrespiratoria en hombres y mujeres físicamente activos entre 18 y 25 años. Mientras que el objetivo secundario fue determinar la pertinencia de la prueba de 12 minutos (P12-min) como un indicador de aptitud cardiorrespiratorio en cadetes navales chilenos. **Materiales y Método:** 380 participantes físicamente activos pertenecientes a la Escuela Naval “Arturo Prat” fueron parte del estudio (300 hombres y 80 mujeres). La investigación fue observacional con estrategia descriptiva y corte transversal. Las variables fueron: parámetros antropométricos (masa corporal, estatura, índice de masa corporal y porcentaje graso), $VO_{2máx}$ mediante una ergoespirometría (prueba incremental [PI] sobre un tapiz rodante) y $VO_{2máx}$ a través de la P12-min. Los resultados de $VO_{2máx}$, tanto para la PI como la P12-min, se presentan con sus valores medios y percentiles (P). Este último análisis con los siguientes criterios: $P \leq 0,15$ (bajo), $P = 0,16-0,49$ (regular), $P = 0,50-0,84$ (bueno) y $P \geq 0,85$ (excelente). El análisis incluyó la comparación entre cursos a través del análisis de varianza de una vía (ANOVA one-way), incluyendo la prueba de Bonferroni como post hoc ($p < 0.05$). **Resultados:** Al término del estudio se establecieron los siguientes valores referenciales de $VO_{2máx}$: hombres $50,26 \pm 4,45 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; bajo: $P \leq 45,70$; regular: $P = 45,71-49,98$; bueno: $P = 49,99-54,84$; excelente: $P \geq 54,85$. Mujeres: $41,39 \pm 3,37 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; bajo: $P \leq 37,99$; regular: $P = 38,00-40,78$; bueno: $P = 40,79-45,33$; excelente: $P \geq 45,34$. Al comparar los valores medios de $VO_{2máx}$ entre la PI y la P12-min, se observaron diferencias significativas para hombres ($VO_{2máx}$: $50,26 \pm 4,45$ vs. $54,59 \pm 3,80 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, $p <$

0,0001 para la PI y la P12-min, respectivamente) y mujeres ($VO_{2\text{máx}}$: $41,39 \pm 3,37$ vs. $42,15 \pm 4,14$ $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, $p = 0,0484$, para la PI y la P12-min, respectivamente). **Conclusión:** Al término del estudio se establecieron valores referenciales de $VO_{2\text{máx}}$ para hombres y mujeres físicamente activa entre 18 y 25 años. Asimismo, pese a las diferencias significativas en los valores medio de $VO_{2\text{máx}}$ entre la PI y la P12-min, la P12-min permite evaluar la aptitud cardiorrespiratoria de los cadetes navales chilenos. Sin embargo, basado en la proyección del umbral ventilatorio 2 obtenido en la PI, se sugiere realizar un estudio adicional para determinar la distancia máxima que los cadetes son capaces de recorrer en la P12-min. Asimismo, se sugiere revisar periódicamente los valores referenciales de aptitud cardiorrespiratoria.

Palabras clave: Consumo de oxígeno; salud cardiorrespiratoria; aptitud cardiorrespiratoria; prueba de 12 minutos; hombres, mujeres

1. Fundamentación

La condición física está compuesta por diferentes cualidades, entre ellas fuerza, velocidad, capacidad y potencia aeróbica. En este sentido, con el propósito de obtener un perfil de salud adecuado y un incremento del rendimiento físico de la población, estas capacidades físicas deben ser evaluadas constantemente. En la actualidad, es posible contar con herramientas mínimamente invasivas y tecnológicas, que ayudan a la toma de decisiones en salud y el rendimiento. De esta forma, evaluación válida y fiable permite desarrollar un correcto programa de intervención, ya sea hacia la salud general de la población como el entrenamiento físico dirigido a los deportes.

La creación y validación de baterías de pruebas que permitan el desarrollo de un *screening* de la condición física de la población necesitan de un patrón dorado (*gold standard*), que en muchos casos son escasos y de alto costo económico, tanto en su implementación como en la capacitación de los profesionales asociados a su correcto uso. Una vez que las pruebas y baterías han sido validadas, deben contar con valores referenciales para los diferentes parámetros de la condición física. De esta manera, los resultados obtenidos se podrán utilizar entre otras cosas para diagnosticar, desarrollar programas de entrenamiento y evaluar procesos.

Dentro de los indicadores que pronostican buena salud está la capacidad cardiorrespiratoria, también mencionado como aptitud cardiorrespiratoria. Este indicador está extensamente justificado en la literatura, mientras que un mayor nivel de aptitud cardiorrespiratoria se asocia con mejor estado de salud y menor riesgo cardiovascular. Por lo anterior, es relevante diagnosticar constantemente este indicador, como también establecer valores referenciales basados en edad, sexo y etnia. La aptitud cardiorrespiratoria se evalúa a través del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$). Este indicador posee parámetros referenciales de distintas poblaciones del mundo. Sin embargo, se desconoce si estos valores referenciales de $VO_{2máx}$ se ajustan a la condición de salud cardiorrespiratoria de la población chilena. Consecuentemente, es necesario establecer valores referenciales de $VO_{2máx}$ como indicador de salud cardiorrespiratoria en Chile. De manera específica, el presente estudio es

el primero en su tipo, mientras que sus resultados serán de utilidad para el diagnóstico, programación, ejecución y seguimiento de programas de ejercicio físico.

Objetivo General

- El propósito principal del presente estudio fue establecer valores referenciales de $VO_{2\text{máx}}$ como indicador de salud cardiorrespiratoria en hombres y mujeres físicamente activos entre 18 y 25 años.

Objetivos Específicos

- Determinar la pertinencia de la prueba de 12 minutos (P12-min) como un indicador de aptitud cardiorrespiratorio en cadetes navales chilenos.

2. Materiales y Método

La investigación fue observacional con estrategia descriptiva y corte transversal, mientras que el diseño de investigación consideró evaluaciones de $VO_{2\text{máx}}$ durante 10 semanas, con evaluaciones de lunes a viernes en horario AM, mientras que el número de participantes evaluados fue entre 8-14 personas por día. Todos los participantes tuvieron evaluaciones antropométricas y de $VO_{2\text{máx}}$, esta última a través de una ergoespiometría (Figura 1). Asimismo, durante el segundo semestre de 2022, todos los participantes ejecutaron la P12-min según calendarización interna gestionada por la Unidad de Coordinación de Educación Física (UCEF) de la Escuela Naval “Arturo Prat”.

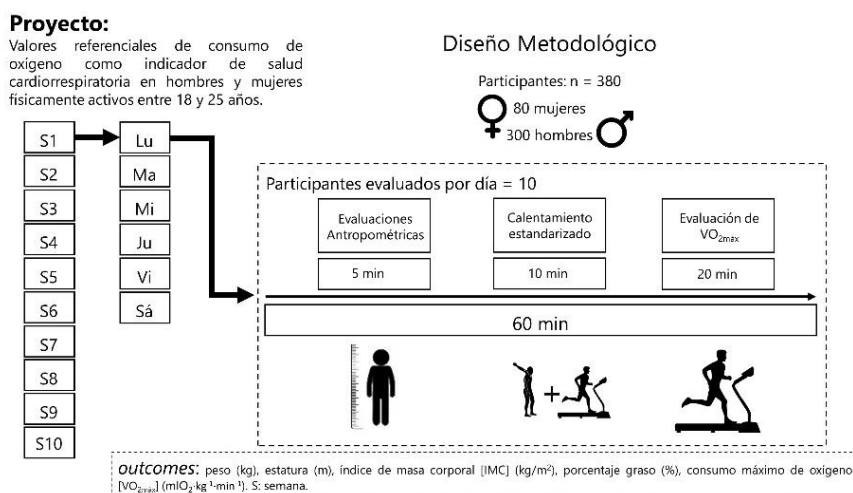


Figura 1. Diseño metodológico.

Participantes

380 participantes físicamente activos pertenecientes a la Escuela Naval “Arturo Prat” fueron voluntarios en el presente estudio (300 hombres y 80 mujeres). La muestra fue no probabilística por conveniencia e incluyó al 92,87% de cadetes hombres y al 88,88% de cadetes mujeres que durante el 2022 formaron parte del plantel de la Escuela Naval “Arturo Prat”, Chile. Los criterios de inclusión para los participantes fueron los siguientes: hombres o mujeres entre 18 y 25 años, que fueran cadetes navales durante el año 2022, ser físicamente activo y que voluntariamente quieran ser parte del estudio (firma del consentimiento informado). Mientas que los criterios de exclusión fueron los siguientes: lesión musculoesquelética, articular o tendinosa que impida la realización de pruebas físicas y la imposibilidad de terminar la prueba de $VO_{2\text{máx}}$. El estudio y el consentimiento fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación Científica de la Universidad Central, Chile (número de registro: 51/2022). Todos los procedimientos del estudio se llevaron a cabo bajo la Declaración de Helsinki (actualizada en 2013) y las normas éticas para el ejercicio y el deporte (Harriss et al., 2019).

Antropometría

Para la caracterización de la muestra, se evaluaron la masa corporal, la estatura, el índice de masa corporal (IMC) y el porcentaje de grasa corporal. Según el protocolo internacional de evaluación antropométrica, la masa corporal (kg) se evaluó con una pesa digital (TANITA, model InnerScan BC-554®, Tokyo, Japan), la estatura (m) se evaluó con un estadiómetro (SECA, model 700®, Hamburg, Germany) y el porcentaje de grasa corporal se evaluó con un impedanciómetro (Tanita Inner Scan, BC-554® digital scale, Tokyo, Japan). Estas evaluaciones fueron realizadas con los participantes descalzos y en ropa ligera.

Calentamiento estandarizado

El calentamiento incluyó movilidad articular (10 repeticiones por segmento): circunducción hombros (codos extendidos), flexión y extensión hombros (codos extendidos), flexión plantar y dorsal de tobillos (de pie), flexión y extensión de rodillas (de pie) y flexión y extensión de caderas tipo ballesteo. Flexibilidad (10 segundos cada músculo x 2 veces):

gemelos, isquiotibiales, glúteo, pectoral y tríceps braquial. Trote: hombres 8 min a $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y mujeres 8 min a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Evaluación del consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$)

La evaluación del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ se realizó a través de una ergoespirometría mediante una prueba incremental (PI) en un tapiz rodante. Todas las variables respiratorias se midieron utilizando sistemas analizadores de gases automáticos (Cosmed, model Quark CPET, Italia). Antes de las pruebas, los analizadores y su software respectivo se calibraron estrictamente de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes. Los datos fueron procesados a través de un ordenador portátil que calculó los resultados mediante un software desarrollado por el fabricante. Todos los participantes fueron precedidos por un calentamiento estandarizado y posteriormente ejecutaron la prueba de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ con los criterios sugeridos por Howley et al. (Howley et al., 1995). La prueba de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ comenzó con intensidades de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ para las mujeres y $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ para los hombres, incrementándose gradualmente $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a intervalos de un minuto hasta el agotamiento para ambos sexos. La inclinación que se usó en el tapiz rodante para todas las mediciones fue del 2%. Se instruyó a los participantes a correr a las velocidades correspondientes hasta el agotamiento (McNair et al., 1996). El $\text{VO}_{2\text{máx}}$ se determinó en función de los siguientes criterios (American College of Sports Medicine, 2013; Howley et al., 1995): (i) al fijar meseta, mostrar una variación $< 150 \text{ mlO}_2\cdot\text{min}^{-1}$, (ii) a relación de intercambio respiratorio (RER) ≥ 1.1 , y/o (iii) una frecuencia cardíaca teórica $\geq 90\%$. $\text{VO}_{2\text{máx}}$ fue registrado con valores absolutos ($\text{LO}_2\cdot\text{min}^{-1}$) y relativos ($\text{mlO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). La velocidad a la que se generó la meseta fue considerada como la velocidad aeróbica máxima (VAM) de cada participante. El primer umbral ventilatorio (VT1) y el segundo umbral ventilatorio (VT2) fueron identificados con los siguientes criterios (Cerezuela-Espejo et al., 2018; Davis, 1985; Lucía et al., 2000): VT1, la intensidad que provoca el primer aumento del equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO_2) sin un aumento simultáneo del equivalente ventilatorio de dióxido de carbono (VE/VCO_2); VT2, la intensidad que provoca un aumento de VE/VO_2 y VE/VCO_2 y una disminución de CO_2 al final de la espiración (PETCO_2). Durante el IT, se registraron los parámetros ventilatorios respiración a respiración. Además, los datos de frecuencia cardíaca (FC) se registraron utilizando un monitor de frecuencia cardíaca Polar H10® (Polar Electro), sincronizado con el software del

analizador de gases. Todos los datos se promediaron a intervalos de 15 s. Al final del IT, para evaluar la percepción subjetiva del esfuerzo de los participantes, se utilizó la escala de Borg modificada (1-10) (Borg, 1990).

Prueba de carrera de 12 minutos

El objetivo de esta prueba es estimar la aptitud cardiorrespiratoria de las personas; para conseguir este propósito el participante debe recorrer la mayor distancia posible durante 12 minutos que dura la prueba (Cooper, 1968). Luego, para estimar la aptitud cardiorrespiratoria a través del cálculo del VO_{2max} , la distancia alcanzada en kilómetros (km) se debe ingresar a la siguiente ecuación (Cooper, 1968):

$$VO_{2max} (mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) = (22.351 \times \text{distancia en kilómetros}) - 11.288$$

La evaluación de la P12-min se llevó a cabo en una pista de atletismo de 400 metros. Antes de la evaluación, se indicó a los participantes que realizaran la mayor distancia posible en los 12 minutos, recibiendo apoyo verbal durante el desarrollo de la prueba (McNair et al., 1996).

Análisis Estadístico

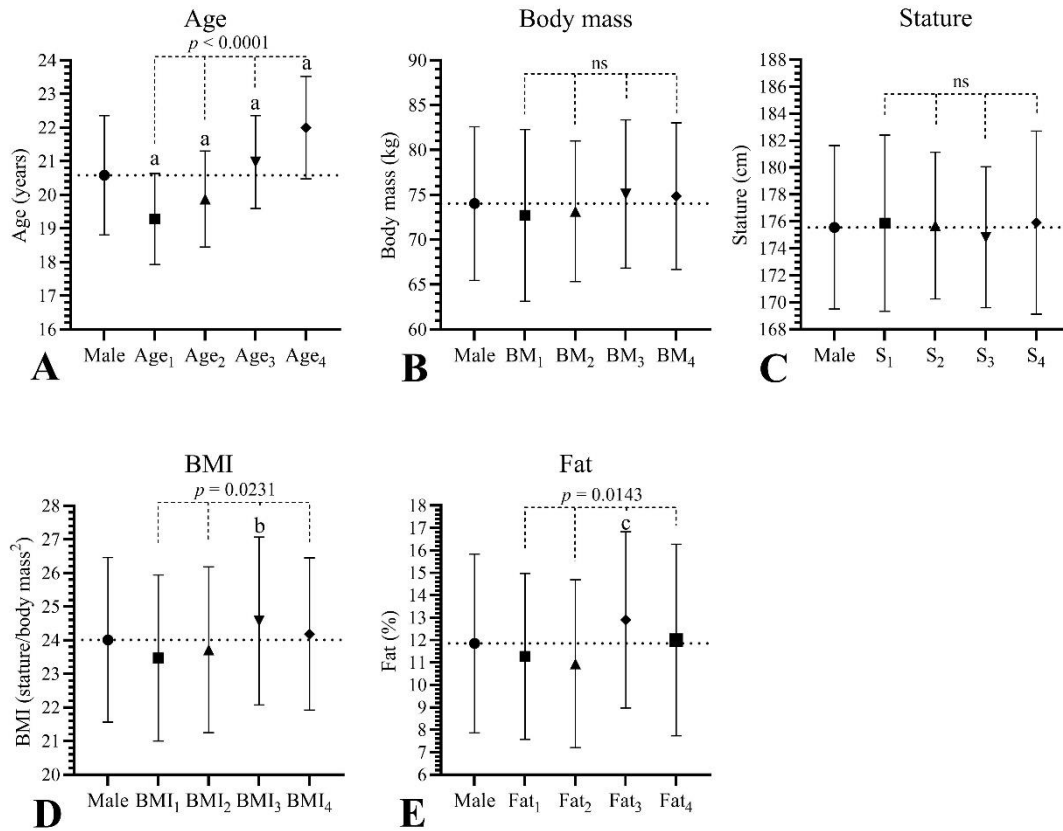
Los datos antropométricos, las variables ventilatorias y de FC de la PI y los valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ y distancia de la P12-min fueron ordenados en una hoja de cálculo diseñada para el estudio. Los datos descriptivos se presentan como medias y desviaciones estándar. Para muestras inferiores a 50 participantes, la distribución normal de los datos fue confirmada por la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Para muestras superiores a 50 participantes, la distribución normal de los datos fue confirmada por la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$). Los valores referenciales para el $VO_{2m\acute{a}x}$ fueron clasificados a través de percentiles (P) con los siguientes criterios: $P \leq 0,15$ (bajo), $P = 0,16-0,49$ (regular), $P = 0,50-0,84$ (bueno) y $P \geq 0,85$ (excelente) (Dantas et al., 2014; Marcos-Pardo et al., 2020). El análisis incluyó la comparación entre cursos a través del análisis de varianza de una vía (ANOVA one-way), incluyendo la prueba de Bonferroni como post hoc ($p < 0.05$).

Para cuantificar el error sistemático, se evaluó la fiabilidad absoluta mediante el error estándar de medición (SEM) y coeficiente de variación (CV). En cambio, la fiabilidad relativa se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC), modelo 3.1 (Koo & Li, 2016). Todas las evaluaciones de fiabilidad se realizaron mediante una hoja de cálculo personalizada (Hopkins, 2015). Los umbrales de aceptabilidad para el ICC se fijaron en $\geq 0,80$, mientras que $\geq 0,90$ se consideró alto. Los umbrales aceptables y altos para el CV se fijaron en $\leq 10\%$ y $\leq 5\%$, respectivamente (James et al., 2017). La correlación entre el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ obtenido en la PI y el calculado a través de la P12-min se calculó mediante la prueba de Pearson (Hopkins et al., 2009). Los criterios para interpretar la fuerza de los coeficientes r fueron los siguientes: trivial ($< 0,1$), pequeño ($0,1-0,3$), moderado ($0,3-0,5$), alto ($0,5-0,7$), muy alto ($0,7-0,9$) o prácticamente perfecto ($> 0,9$). (Hopkins et al., 2009). Sin embargo, la correlación de Pearson no puede detectar errores sistemáticos (Weir, 2005). Por este motivo, se examinó el sesgo sistemático mediante gráficos de Bland-Altman (Bland & Altman, 1986). Aunque esta prueba se recomienda inicialmente para analizar la concordancia entre dos procedimientos, también se ha sugerido y se utiliza ampliamente para complementar la correlación de Pearson (Weir, 2005). Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software Prism version 10.2.2 para Windows®. El nivel de significancia para todos los análisis estadísticos fue de $p < 0,05$.

Resultados

Edad y antropometría

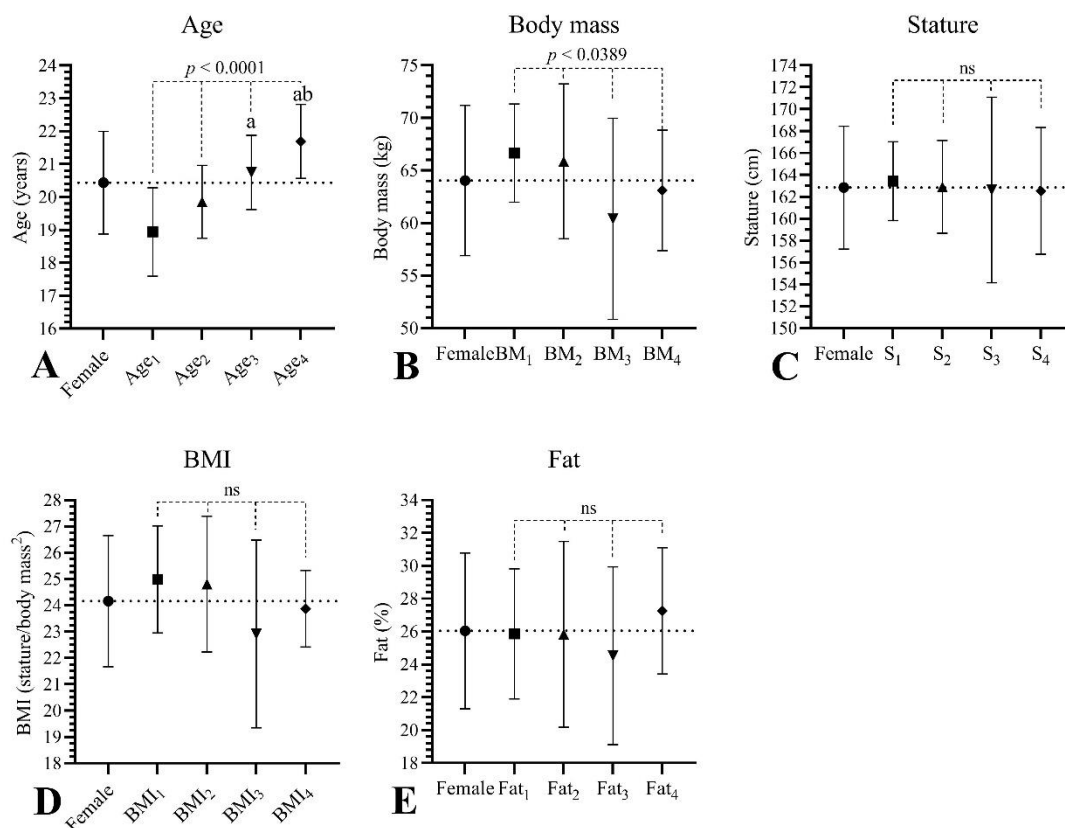
Durante el desarrollo del estudio, los 300 hombres tenían $20,5 \pm 1,7$ años, mientras que el análisis antropométrico mostró una masa corporal equivalente a $70,0 \pm 8,5$ kg, una estatura de $1,75 \pm 0,06$ m y un IMC de $24,0 \pm 2,5$ kg/m². La edad y características antropométricas de hombres y la comparación entre cursos están reportados en la Figura 1 (Paneles A, B, C, D y E).



BM: body mass; cm: centimeters; kg: kilograms; S: stature; BMI: body mass index; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets; a: $p < 0.0001$, age show a significant difference between all years; b: $p < 0.05$ between BMI₁ vs. BMI₃; c: $p < 0.05$ between Fat₂ vs. Fat₃.

Figure 1. Age and anthropometric characteristics of male cadets by grade.

De forma paralela, durante el desarrollo del estudio, las 80 mujeres tenían $20,4 \pm 1,5$ años, mientras que el análisis antropométrico mostró una masa corporal equivalente a $64,0 \pm 7,1$ kg, una estatura de $1,62 \pm 5,6$ m y un IMC de $24,1 \pm 2,9$ kg/m². La edad y características antropométricas de mujeres y la comparación entre cursos están reportados en la Figura 2 (Paneles A, B, C, D y E).



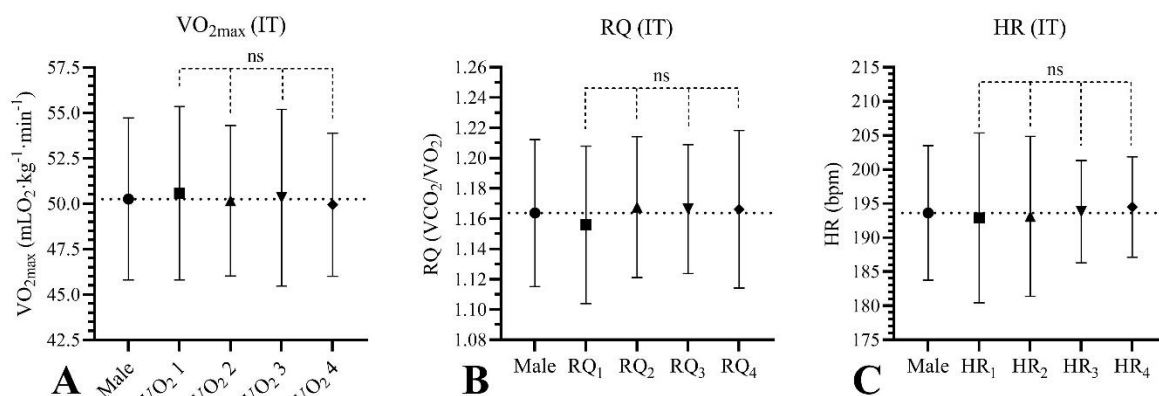
BM: body mass; cm: centimeters; kg: kilograms; S: stature; BMI: body mass index; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets; a: $p < 0.001$, age show a significant difference between Age₁ vs. Age₃, and Age₁ vs. Age₄; b: $p < 0.0001$ age show a significant difference between Age₂ vs. Age₄.

Figure 2. Age and anthropometric characteristics of female cadets by grade.

Análisis de parámetros ventilatorios de la PI y P12-min

Consumo máximo de oxígeno (VO_{2max})

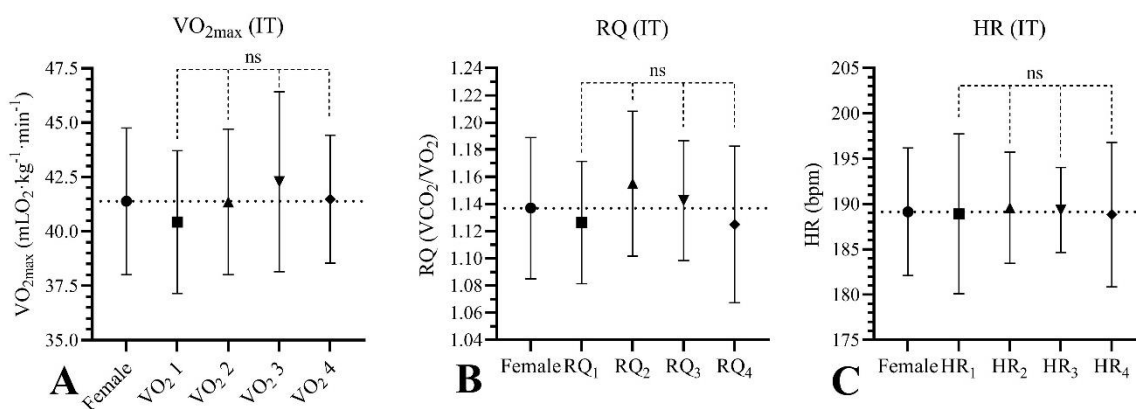
Al término de la PI, los hombres alcanzaron un VO_{2max} de $50,26 \pm 4,45 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. En esa misma prueba alcanzaron un RER de $1,16 \pm 0,04$ VCO_2/VO_2 y una FC de $193,6 \pm 9,8$ lpm. Al comparar estas variables entre los cuatro cursos no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Los valores de VO_{2max} , RER y FC de la PI están reportados en la Figura 3 (Paneles A, B y C).



bpm: beat per minute; HR: heart rate; IT: incremental test; $mL O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$: milliliters of oxygen per kilogram of body mass per minute; ns: not significant; RQ: respiratory quotient; VCO_2/VO_2 : ratio between carbon dioxide produced and oxygen consumed; VO_{2max} : maximum oxygen consumption; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets.

Figure 3. Maximum oxygen uptake, respiratory quotient and heart rate values for the incremental test in male.

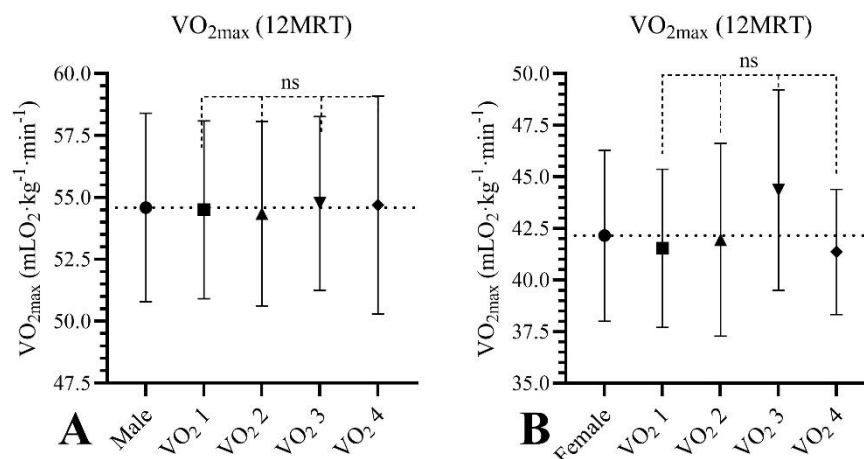
Las mujeres, al término de la PI, alcanzaron un VO_{2max} de $41,39 \pm 3,37 mL O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. En esa misma prueba alcanzaron un RER de $1,13 \pm 0,05 VCO_2/VO_2$ y una FC de $189,1 \pm 7,0$ lpm. Al comparar estas variables entre los cuatro cursos no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Los valores de VO_{2max} , RER y FC de la PI están reportados en la Figura 4 (Paneles A, B y C).



bpm: beat per minute; HR: heart rate; IT: incremental test; $mL O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$: milliliters of oxygen per kilogram of body mass per minute; ns: not significant; RQ: respiratory quotient; VCO_2/VO_2 : ratio between carbon dioxide produced and oxygen consumed; VO_{2max} : maximum oxygen consumption; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets.

Figure 4. Maximum oxygen uptake, respiratory quotient and heart rate values for the incremental test in female.

De forma paralela, la estimación el VO_{2max} a través de la P12-min para hombres fue $54,59 \pm 3,80 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, con diferencias no significativas entre los cuatro cursos ($p > 0,05$). Mientras que la estimación el VO_{2max} a través de la P12-min para mujeres fue $42,15 \pm 4,14 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, con diferencias no significativas entre los cuatro cursos ($p > 0,05$). Los valores de VO_{2max} de la P12-min están reportados en la Figura 5 (Paneles A y B).



$\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$: milliliters of oxygen per kilogram of body mass per minute; ns: not significant; VO_{2max} : maximum oxygen consumption; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets; 12MRT: 12-minute race test.

Figure 5. Maximum oxygen consumption values for the 12MRT.

El análisis de validación en hombres mostró que las mediciones de VO_{2max} determinada por ambas pruebas tuvo un umbral de CV aceptable (5,22%, IC 95%: 4,83 – 5,67). En cuanto al ICC, los valores de VO_{2max} mostraron un umbral bajo (0,57, IC 95%: 0,48 – 0,64). En las mujeres, el análisis de validación mostró que las mediciones de VO_{2max} determinada por ambas pruebas tuvo un umbral de CV aceptable (6,40%, IC 95%: 5,54 – 7,59). En cuanto al ICC, los valores de VO_{2max} mostraron un umbral bajo (0,50, IC 95%: 0,32 – 0,65). Estos valores permiten inferir que la P12-min presenta un error sistemático bajo para la evaluación del VO_{2max} en cadetes navales chilenos. Los valores medios, la DE y los intervalos de confianza del 95% se ilustran en la Tabla 1.

Table 1. Validity of the 12RMT as a predictor of cardiorespiratory fitness in Chilean naval cadets.

VO_{2max}	IT $mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	12MRT $mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	p	Δ [95% CI]	SEM [(95% CI)]	CV [95% CI]	ICC [95% CI]
Male	50.26 ± 4.46	54.59 ± 3.81	< 0.0001	4.33 [3.89 to 4.77]	2.74 [2.53-2.97]	5.22% [4.83-5.67]	0.57 [0.48-0.64]
Female	41.39 ± 3.37	42.15 ± 4.14	0.0739	0.77 [-0.08 to 1.61]	2.68 [2.32-3.17]	6.40% [5.54-7.59]	0.50 [0.32-0.65]

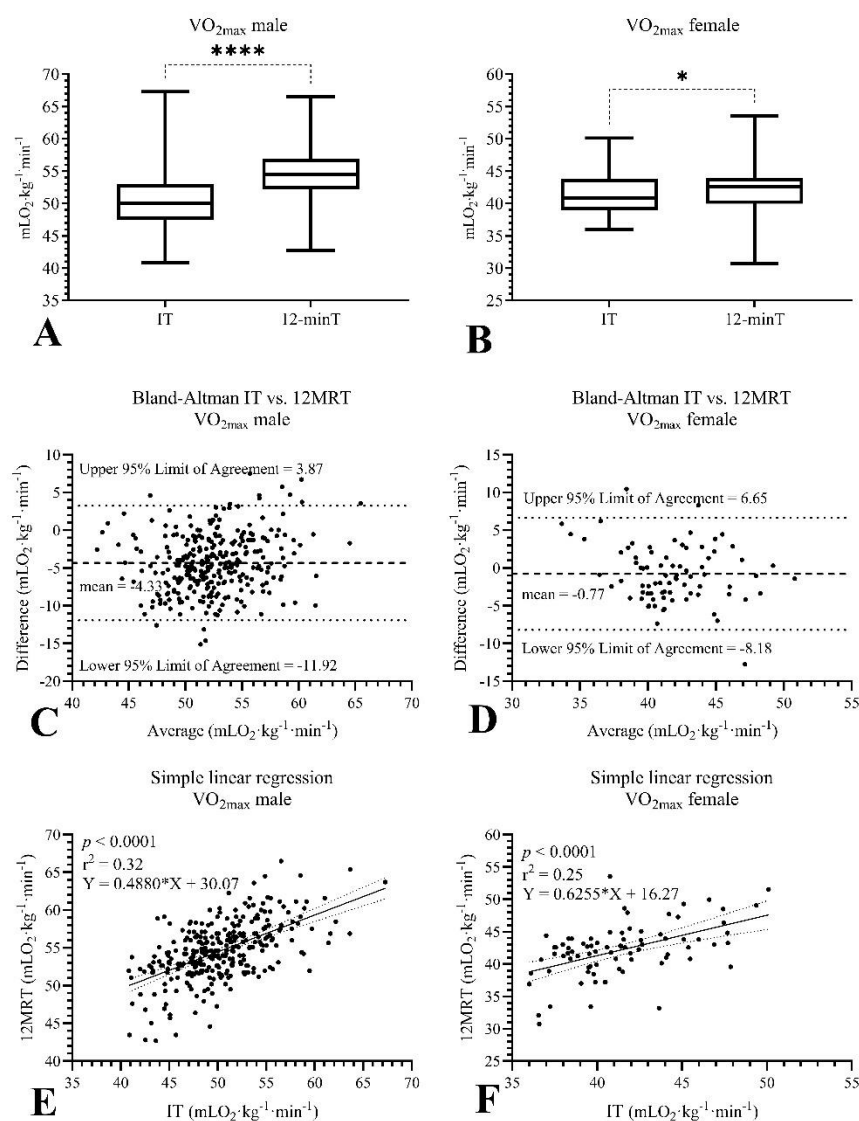
CI, confidence interval; ICC, intra-class correlation coefficient; CV, coefficient of variation; IT: incremental test; $mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$: milliliters of oxygen per kilogram of body mass per minute; SD, standard deviation; SEM, standard error of the mean; VO_{2max} : maximum oxygen consumption; 12MRT: 12-minute race test; Δ , variation delta.

En este mismo análisis, al comparar el $VO_{2m\acute{a}x}$ obtenido en la PI con el $VO_{2m\acute{a}x}$ estimado a través de la distancia alcanzada en la P12-min, se determinaron diferencias significativas tanto en hombres ($p < 0,0001$) como en mujeres ($p < 0,05$). Los valores medios, desviaciones estándar y significancia estadística están reportados en la Figura 6 (Paneles A y B). Al comparar los valores medios y las diferencias del $VO_{2m\acute{a}x}$ entre ambas pruebas, el análisis de Bland-Altman mostró un sesgo común para hombres de $-4,33 \pm 3,87 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (límites de concordancia del 95% de -11,92 a 3,25) y de $-0,77 \pm 3,78 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (límites de concordancia del 95% de -8,18 a 6,65) para mujeres. Los valores del sesgo común y los límites de confianza superior e inferior del 95% se presentan en la Figura 6 (Paneles C y D). Por último, el análisis de regresión en los hombres mostró que el $VO_{2m\acute{a}x}$ evaluado mediante ambas pruebas presentó un coeficiente r^2 moderado (0,32). El mismo análisis en las mujeres mostró un coeficiente r^2 pequeño (0,25). Los gráficos de las correlaciones y las líneas de regresión con los respectivos intervalos de confianza se presentan en la Figura 6 (Paneles E y F).

Valores referenciales de $VO_{2m\acute{a}x}$

En relación con el análisis asociado a los valores referenciales de $VO_{2m\acute{a}x}$ como indicador de salud cardiorrespiratoria en hombres, el primer punto de corte quedó establecido en valores $\leq 45,70 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (bajo), el segundo punto de corte quedó establecido en valores $\leq 49,98 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (regular), el tercer punto de corte quedó establecido en valores $\leq 54,84 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (bueno) y el tercer punto de corte quedó en valores $\geq 54,85$ (excelente). En mujeres, el primer punto de corte quedó establecido en valores $\leq 37,99$

$\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (bajo), el segundo punto de corte quedó establecido en valores $\leq 40,78$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (regular), el tercer punto de corte quedó establecido en valores $\leq 45,33$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (bueno) y el tercer punto de corte quedó en valores $\geq 45,34$ (excelente). Los valores referenciales (puntos de corte) y la distribución porcentual de todos los participantes están reportados en la Tabla 2 y Tabla 3, respectivamente.



IT: incremental test; $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$: milliliters of oxygen per kilogram of body mass per minute; $\text{VO}_{2\text{max}}$: maximum oxygen consumption; 12MRT: 12-minute race test;
*: $p < 0,05$; ****: $p < 0.0001$

Figure 6. Comparison between maximum oxygen consumption values of IT vs. 12MRT.

Table 2. Mean values and qualitative scale of VO_{2max} for physically active men and women aged 18 to 25 years.

Sex	Test		Mean $\pm$ SD	P $\leq$ 0.15 Low	P = 0.16 – 0.49 Regular	P = 0.50 – 0.84 Good	P $\geq$ 0.85 Excellent
Men (n = 300)	Incremental*	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	50.26 ± 4.45	45.70	45.71 – 49.98	49.99 – 54.84	54.85
Men (n = 300)	Cooper test**	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	54.59 ± 3.80	51.52	51.53 – 54.53	54.54 – 58.31	58.32
Women (n = 80)	Incremental**	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	41.39 ± 3.37	37.99	38.00 – 40.78	40.79 – 45.33	45.34
Women (n = 80)	Cooper test**	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	42.15 ± 4.14	38.58	38.59 – 42.57	42.58 – 45.40	45.41

$mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$: milliliters of oxygen per kilogram of body mass per minute; P, percentile; VO_{2max} : maximum oxygen consumption; * Normal distribution according to Kolmogorov-Smirnov test; ** Abnormal distribution according to Kolmogorov-Smirnov test.

Table 3. Percentage distribution of cases for VO_{2max} in physically active men and women aged 18 to 25 years.

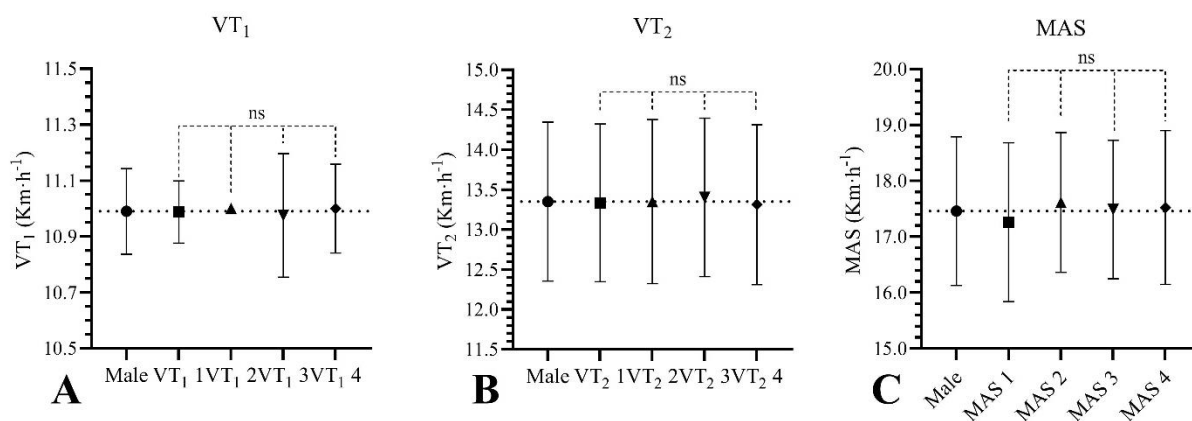
Sex	Test		Low		Regular		Good		Excellent		Total	
			cases	%	cases	%	cases	%	cases	%	cases	%
Men (n = 300)	Incremental	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	45	15.0	105	35.0	105	35.0	45	15.0	300	100
Men (n = 300)	Cooper test	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	47	15.6	104	34.7	104	34.7	45	15.0	300	100
Women (n = 80)	Incremental	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	12	15.0	28	35.0	28	35.0	12	15.0	80	100
Women (n = 80)	Cooper test	VO_{2max} $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	12	15.0	32	40.0	24	30.0	12	15.0	80	100

$mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$: milliliters of oxygen per kilogram of body mass per minute; P, percentile; VO_{2max} : maximum oxygen consumption

Análisis mecánico de la PI y P12-min

Análisis mecánico de la PI

Al analizar las velocidades desarrolladas durante la PI, específicamente la velocidad correspondiente a VT1, se determinó que los hombres alcanzaron el primer umbral a $10,99 \pm 0,15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, velocidad correspondiente al 63,6% de la velocidad aeróbica máxima (VAM) obtenida en la PI. En la misma prueba (PI), se determinó que los hombres alcanzaron el segundo umbral (VT2) a $13,35 \pm 0,99 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, velocidad correspondiente al 76,6% de la VAM. Mientras que la VAM se estableció a $17,46 \pm 1,33 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Tanto para las velocidades correspondiente a los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) como la VAM no se observaron diferencias significativas entre los cursos ($p > 0,05$). Los valores medios, desviaciones estándar y comparación entre cursos de VT1, VT2 y VAM están reportados en la Figura 7 (Paneles A, B y C).



Km·h⁻¹: kilometers per hour; MAS: maximum aerobic speed; ns: not significant; VT1: first ventilatory threshold; VT2: second ventilatory threshold; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets.

Figure 7. Mean values of ventilatory thresholds and MAS in male.

Al analizar las diferencias en distancias absolutas y diferencias porcentuales entre los umbrales ventilatorios y la VAM, se pudo observar que los hombres presentan un delta de $2,36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ entre VT1 y VT2. Esta diferencia equivale a un 13,3% entre umbrales. También, se pudo observar un delta de $4,11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ entre VT2 y la VAM. Esta diferencia equivale a un 23,4% entre ambas intensidades. Los valores medios, desviaciones estándar y deltas entre

VT1-VT2 y VT2-VAM, así como la comparación en los diferentes cursos, están reportados en la Figura 8.

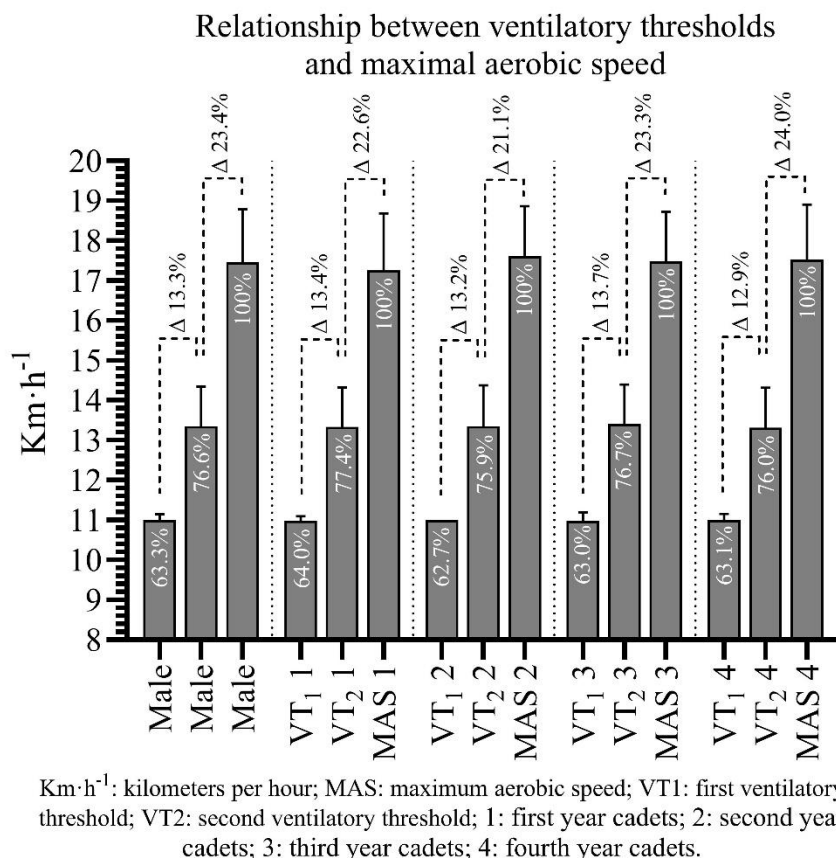
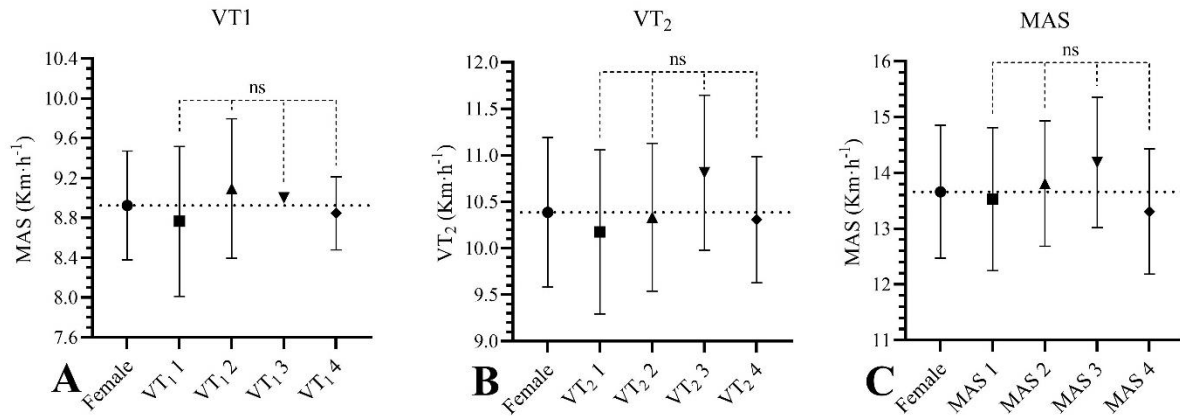


Figure 8. Mean values of ventilatory thresholds and MAS in male.

Al analizar las velocidades desarrolladas durante la PI en mujeres, se determinó que el primer umbral fue alcanzado a $8,92 \pm 0,54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, velocidad correspondiente al 65,7% de la VAM obtenida en la PI. En la misma prueba (PI), se determinó que las mujeres alcanzaron el segundo umbral (VT2) a $10,39 \pm 0,80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, velocidad correspondiente al 76,2% de la VAM. Mientras que la VAM se estableció a $13,66 \pm 1,19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Tanto para las velocidades correspondiente a los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) como la VAM no se observaron diferencias significativas entre los cursos ($p > 0,05$). Los valores medios, desviaciones estándar y comparación entre cursos de VT1, VT2 y VAM están reportados en la Figura 9 (Paneles A, B y C).



km·h⁻¹: kilometers per hour; MAS: maximum aerobic speed; ns: not significant; VT1: first ventilatory threshold; VT2: second ventilatory threshold; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets.

Figure 9. Mean values of ventilatory thresholds and MAS in female.

Al analizar las diferencias en distancias absolutas y diferencias porcentuales entre los umbrales ventilatorios y la VAM, se pudo observar que las mujeres presentan un delta de 1,47 km·h⁻¹ entre VT1 y VT2. Esta diferencia equivale a un 10,5% entre umbrales. También, se pudo observar un delta de 3,27 km·h⁻¹ entre VT2 y la VAM. Esta diferencia equivale a un 23,8% entre ambas intensidades. Los valores medios, desviaciones estándar y deltas entre VT1-VT2 y VT2-VAM, así como la comparación en los diferentes cursos, están reportados en la Figura 10.

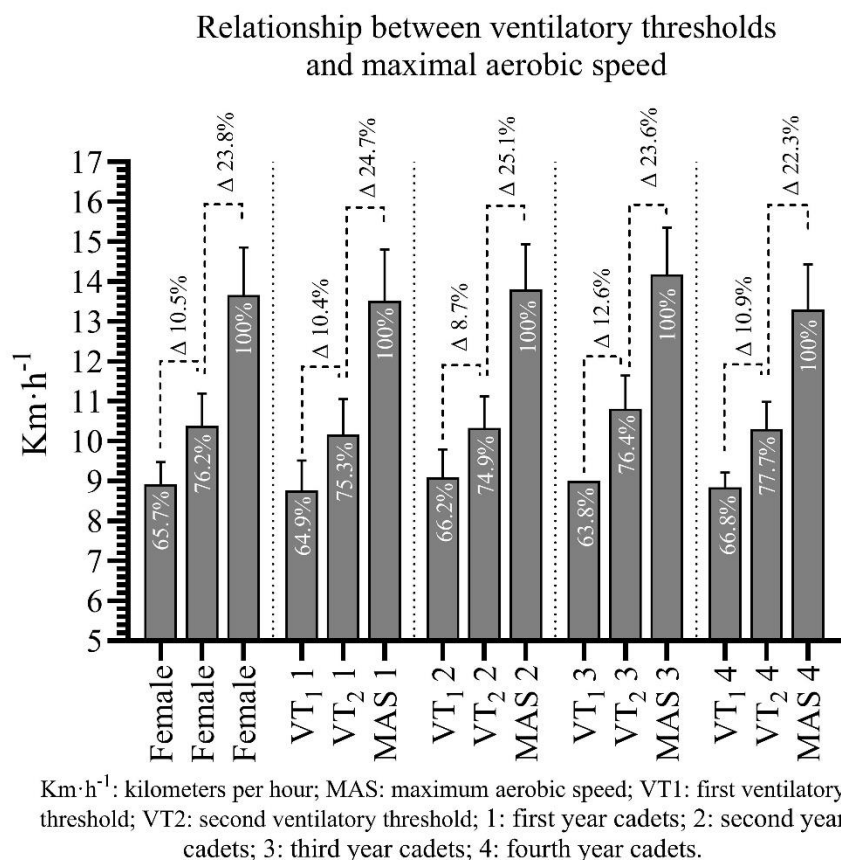
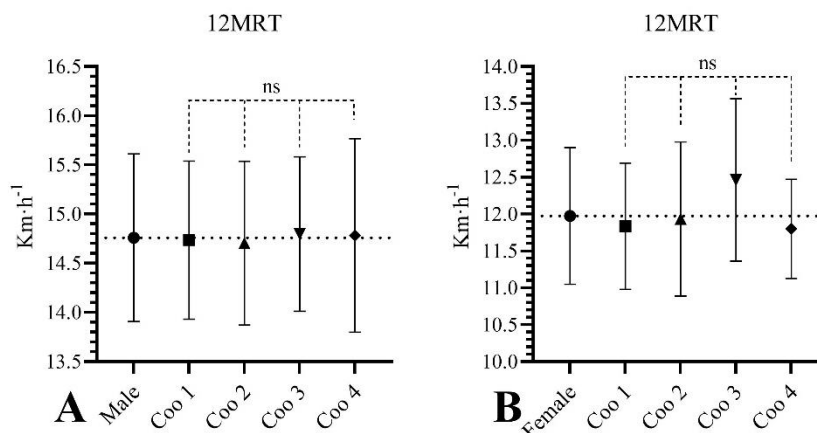


Figure 10. Mean values of ventilatory thresholds and MAS in female.

Análisis mecánico de la P12-min

Durante el desarrollo de la P12-min, hombres alcanzaron una velocidad media equivalente a $14,76 \pm 0,85 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, con diferencias no significativas entre los cuatro cursos ($p > 0,05$). Mientras que las mujeres alcanzaron una velocidad media equivalente a fue $11,98 \pm 0,92 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, con diferencias no significativas entre los cuatro cursos ($p > 0,05$). Los valores de velocidad media para la P12-min están reportados en la Figura 11 (Paneles A y B).



Km·h⁻¹: kilometers per hour; ns: not significant; 1: first year cadets; 2: second year cadets; 3: third year cadets; 4: fourth year cadets; 12MRT: 12-minute race test.

Figure 11. Speed values for the 12MRT.

Al analizar las diferencias en distancias absolutas y diferencias porcentuales entre VT2, velocidad media de la P12-min y la VAM, se pudo observar que los hombres presentan un delta de 1,41 km·h⁻¹ entre VT2 y velocidad media de la P12-min. Esta diferencia equivale a un 8,0% entre las intensidades. También, se pudo observar un delta de 2,71 km·h⁻¹ entre la velocidad media de la P12-min y la VAM. Esta diferencia equivale a un 15,4% entre ambas intensidades. Los valores medios, desviaciones estándar y deltas entre las intensidades, así como la comparación en los diferentes cursos, están reportados en la Figura 12.

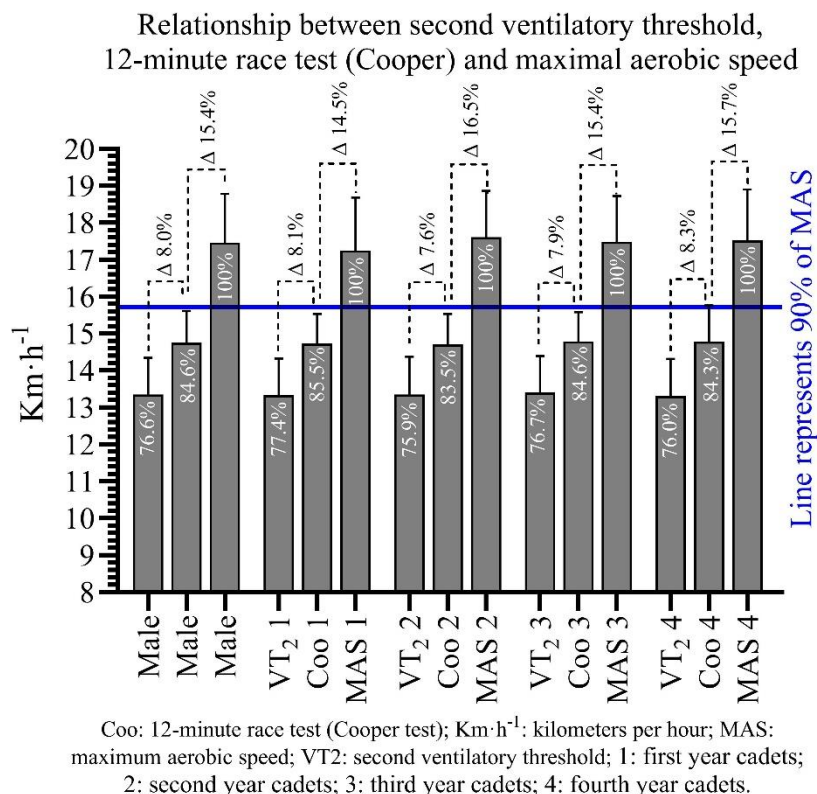


Figure 12. Mean values of VT₂, average speed in a 12-minute race test and MAS in male.

Al analizar las diferencias en distancias absolutas y diferencias porcentuales entre VT₂, velocidad media de la P12-min y la VAM, se pudo observar que las mujeres presentan un delta de 1,59 km·h⁻¹ entre VT₂ y velocidad media de la P12-min. Esta diferencia equivale a un 11,5% entre las intensidades. También, se pudo observar un delta de 1,69 km·h⁻¹ entre la velocidad media de la P12-min y la VAM. Esta diferencia equivale a un 12,3% entre ambas intensidades. Los valores medios, desviaciones estándar y deltas entre las intensidades, así como la comparación en los diferentes cursos, están reportados en la Figura 13.

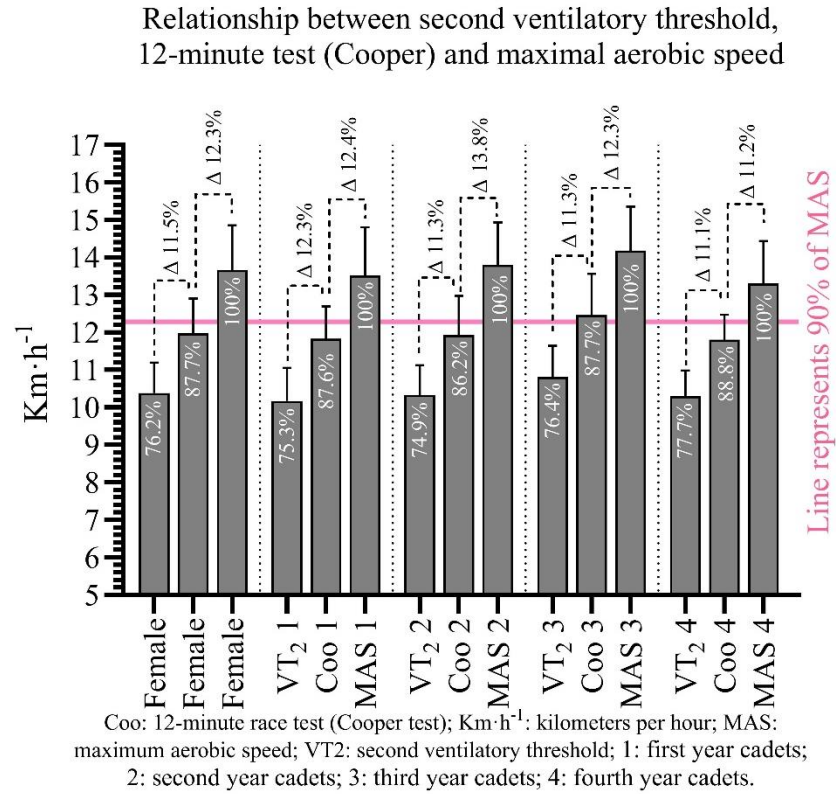


Figure 13. Mean values of VT₂, average speed in a 12-minute race test and MAS in female.

Conclusiones

- Al término de estudio y luego de establecer valores referenciales de $VO_{2\text{máx}}$ como indicador de salud cardiorrespiratoria en hombres y mujeres físicamente activos entre 18 y 25 años, se determinó que el 85% de los hombres y de las mujeres presentan una aptitud cardiorrespiratoria entre “regular”, “buena” y “excelente”.
- Pese a la diferencia significativa observada entre el $VO_{2\text{máx}}$ obtenido en la PI con el $VO_{2\text{máx}}$ calculado a través de la P12-min, la P12-min es válida para evaluar la aptitud cardiorrespiratoria de los cadetes navales chilenos.
- En relación con la intensidad de ejecución de la P12-min, los hombres realizaron al 84,6% de la VAM, mientras que las mujeres realizaron la prueba al 87,7%. En ambos casos, basados en la VAM obtenida en la PI, la P12-min se podría realizar a una mayor intensidad. Sin embargo, se requiere un estudio adicional para confirmar esta información.

Perspectiva

Considerando que los hombres y las mujeres realizaron la P12-min a una intensidad más cercana a VT2 que a la VAM, existe la posibilidad que tanto hombres como mujeres puedan realizar la P12-min a una intensidad más alta. En este contexto, bajo una fundamentación teórica, los cadetes navales podrían realizar la P12-min a una intensidad del 90% de la VAM. Para lo anterior, se debe seleccionar una muestra representativa de cadetes, solicitarles que realicen una PI con ergoespiometría, luego obtener el 90% de la VAM y, por último, solicitarles que realicen una P12-min al 90% de la VAM.

Con los resultados de este estudio se podrán evaluar y, de ser necesario, ajustar las tablas de notas usadas para calificar la aptitud cardiorrespiratoria de los cadetes navales chilenos.

Referencias

- American College of Sports Medicine. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Vol. 9th Edn.* Lippincott williams & wilkins.
<https://www.acsm.org/education-resources/books/guidelines-exercise-testing-prescription>
- Bland, J. M., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 370, 307–310.
<https://doi.org/10.1128/AAC.00483-18>
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 16(SUPPL. 1), 55–58. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815>
- Cerezuela-Espejo, V., Courel-Ibáñez, J., Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., & Pallarés, J. G. (2018). The relationship between lactate and ventilatory thresholds in runners: Validity and reliability of exercise test performance parameters. *Frontiers in Physiology*, 9, 1320. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01320>
- Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. *Jama*, 203(3), 201–204.
- Dantas, E. H. M., Figueira, H. A., Emygdio, R. F., & Vale, R. (2014). Functional autonomy GDLAM protocol classification pattern in elderly women. *Indian Journal of Applied Research*, 4(7), 262–266.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(1), 6–21.
<http://europepmc.org/abstract/MED/3884961>
- Harriss, D. J., MacSween, A., & Atkinson, G. (2019). Ethical standards in sport and exercise science research: 2020 update. *International Journal of Sports Medicine*, 40(13), 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>
- Hopkins, W. (2015). Spreadsheets for analysis of validity and reliability. *Sportscience*, 19, 36–42. sportsci.org/2015/ValidRely.htm
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Howley, E. T., Bassett, D. R., & Welch, H. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 1292–1301.
- James, L. P., Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *The Journal of Strength &*

- Conditioning Research*, 31(5), 1378–1386. https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2017/05000/Validity_and_Reliability_of_a_Portable_Isometric.27.aspx
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M., & Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1777–1782. <https://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00018>
- Marcos-Pardo, P. J., González-Gálvez, N., Vaquero-Cristóbal, R., Gea-García, G. M., López-Vivancos, A., Espeso-García, A., Velázquez-Díaz, D., Carbonell-Baeza, A., Jiménez-Pavón, D., de Castro, J. B. P., & de Souza Vale, R. G. (2020). Functional autonomy evaluation levels in middle-aged and older spanish women: On behalf of the healthy-age network. *Sustainability*, 12(21), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su12219208>
- McNair, P. J., Depledge, J., Brett Kelly, M., & Stanley, S. N. (1996). Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action. *British Journal of Sports Medicine*, 30(3), 243–245. <https://doi.org/10.1136/bjbm.30.3.243>
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231–240. https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2005/02000/QUANTIFYING_TEST_RETEST_RELIABILITY_USING_THE.38.aspx