

SIMCE DE EDUCACIÓN FÍSICA: RELACIÓN ENTRE TEST DE CAFRA Y COURSE NAVETTE EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN FÍSICA

SIMCE¹ for physical education: relation between Course Navette Test and CAFRA Test in physical education students

*Jaime Vásquez Gómez; *Alex Garrido Méndez; *Alejandro Loyola Licata;
*Alejandro Saavedra Concha

Vásquez, J.; Garrido, A.; Loyola, A. y Saavedra, A. (2014). SIMCE de educación física: relación entre test de Cafra y Course Navette en estudiantes de educación física. *Revista de Ciencias de la Actividad Física UCM*. N° 15 (2), 87-98.

RESUMEN

La frecuencia cardíaca (FC) y el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) tienen estrecha relación. El test de CAFRA utiliza la FC de recuperación (FCr) para exclusión de la prueba Course Navette en el Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE) de Educación Física. El objetivo fue determinar la relación entre la FCr de CAFRA y el VO₂ máx. de Course Navette. Se evaluó a 136 estudiantes voluntarios de educación física, 32 mujeres (19,7±1 años) y 104 hombres (20,3±1,7 años). El análisis se realizó con SPSS 19. La relación entre FCr y VO₂ máx. para la muestra fue rho -0,545 (p<0,01), para mujeres rho -0,245 (no significativa) y en hombres rho -0,396 (p<0,01). La tendencia en la muestra es que a menor FCr mayor es el VO₂ máx. y viceversa. CAFRA puede un ser test alternativo de evaluación para Course Navette.

PALABRAS CLAVE

CAFRA, FCr, Course Navette, VO₂ máx., relación, estudiantes.

ABSTRACT

Heart rate (HR) and maximal oxygen consumption (VO₂ max) are closely related. A CAFRA test that measures the heart rate recovery (HRr) is used instead of Course Navette Test (multi-stage fitness test) in the System for Measuring the Quality of Education (SIMCE) for Physical Education. The objective was to determine the relationship between HRr obtained through a CAFRA test and VO₂ max from Course Navette test. Evaluation included 136 physical education students who volunteered for the study: 32 women (aged 19.7 ± 1) and 104 men (aged 20.3 ± 1.7). The analysis was performed using SPSS 19. The relationship between HRr and VO₂ max for the sample was rho -0.545 (p <0.01), for women rho -0.245 (not significant) and in men rho -0.396 (p <0.01). The trend in the sample is the lesser HRr is, the greater the VO₂ max is, and vice versa. CAFRA test can be an alternative assessment test to Course Navette.

Key words

CAFRA, HRr, Course Navette, VO₂ max, relation, students.

* Facultad de Ciencias de la Actividad Física, Universidad San Sebastián – Concepción, Chile

¹ Chilean national test for measuring the quality of education (Acronym in Spanish).



1. INTRODUCCIÓN

El SIMCE de Educación Física tiene como propósito hacer un diagnóstico de la condición física de los estudiantes que cursan el octavo año básico del currículum escolar chileno. Las pruebas que contiene se dividen en mediciones del desempeño físico y perfil antropométrico. Dentro de las pruebas de rendimiento físico se encuentra la prueba de CAFRA y de Course Navette, la primera es una prueba de resistencia aeróbica y rendimiento cardiovascular en la que se mide la FC al finalizar el esfuerzo, y el segundo es una prueba de potencia aeróbica máxima en la que se mide el número de palier alcanzados (www.agenciaeducacion.cl).

La variable de interés en la prueba de CAFRA es la FC de finalización, que es indicativa del comportamiento de la misma durante los 3 minutos de caminata. En la prueba de Course Navette el indicador relevante es el VO_2 máx. que se estima según la velocidad del último palier completado. Los objetivos del estudio fueron determinar la FCr en el test de CAFRA, determinar y clasificar el VO_2 máx. en Course Navette según el género y edad de los estudiantes y analizar la relación entre la FCr obtenida en el test de CAFRA y el VO_2 máx. estimado en Course Navette.

1.1 Lineamientos sobre la FCr en pruebas submáximas

Se ha establecido que uno de los medios no invasivos para controlar la respuesta del sistema nervioso autónomo es la FCr post-ejercicio (Lamberts, Swart, Noakes y Lambert, 2009), y para medir la recuperación del ritmo cardíaco se ha indicado como medio óptimo utilizar una prueba de esfuerzo submáximo estandarizada con el fin de verificar la respuesta a los entrenamientos (Borresen y Lambert, 2008).

Para la medición de la condición física en ejercicio submáximo se han utilizado pruebas submáximas en escalón, en éstas los diferentes ángulos que se provocan en las extremidades inferiores al ejecutar la subida y bajada del banco estimulan el cambio de

la FC (Souza et al. 2007). Este fenómeno ha estado presente en algunas pruebas en escalón expuestas en la literatura como en el Test de McArdle (McArdle, Katch y Katch, 1990), Test de Harvard (Das, Ghosh y Gangopadhyay, 2010), Step Test de Åstrand y Rhyiming (López y Fernández, 2008) entre otros. En la prueba en escalón de McArdle se utiliza la FCr en conjunto a otras constantes para predecir el VO_2 máx.

Tras estudiar a un grupo de 17 hombres jóvenes de edad media de 20 años en situación de post-ejercicio en una prueba de escalón, se encontró que la FC disminuyó gradualmente pero no alcanzó los valores de reposo pre-ejercicio al cabo de 30 minutos en posición supina, existiendo una acción del sistema parasimpático en la fase de recuperación del ritmo cardíaco (Javorka, Zila, Balhárek y Javorka, 2002). Sin embargo, la FCr puede llegar a valores de reposo post-ejercicio en una actividad de corta duración y de baja intensidad dentro de 5 minutos (Barak et al. 2010). También se ha indicado que la variación de la FC durante un ejercicio submáximo parece estar entre 3 y 6 pulsaciones calculadas al minuto (Lamberts, Lemmink, Durandt y Lambert, 2004).

En relación al género se ha señalado que la FCr luego de 1 y 2 minutos de terminar el esfuerzo ha sido mayor en hombres que en mujeres (Arena et al. 2010). También se ha propuesto que la recuperación del ritmo cardíaco en el ejercicio submáximo es más rápido en comparación con el ejercicio de carácter máximo en individuos sanos, pues esto se atribuye a que el sistema simpático se activa en menor medida durante el ejercicio submáximo (Borresen y Lambert, 2008).

Se ha sugerido que luego de 15 minutos de realizar ejercicio submáximo los valores de FC no regresan a valores previos al ejercicio independiente de la posición del cuerpo en la ejecución del mismo. Se plantea además que aún no se conoce con claridad cuál es la posición del cuerpo más favorable para acelerar la recuperación de la regulación autonómica cardíaca (Barak et al. 2010).



La respuesta de la FC en la prueba de caminata submáxima de CAFRA medida durante 6 segundos post-ejercicio ha sido útil para clasificar el riesgo cardiovascular (Bahamonde, 2012).

1.2 Lineamientos sobre el VO_2 máx. en pruebas máximas

El aumento en el consumo de oxígeno (VO_2) tras los cambios de intensidad en el esfuerzo se pueden diferenciar entre el sistema de transporte de oxígeno y de utilización del mismo. De estos sistemas se ha establecido que el primero es el que limita el VO_2 (Hughson, 1990).

En el ejercicio de alta intensidad existe un componente lento del VO_2 (Xu y Rhodes, 1999) ya que en estos esfuerzos que presentan una acidosis láctica se aprecia una fase lenta del VO_2 porque se trata de un retraso en la aparición del mismo y posteriormente tiene un estado estable. A intensidades mayores, por ejemplo a intensidad severa, el estado de equilibrio es inalcanzable y se acerca el punto de VO_2 máx. Este componente lento del VO_2 se manifiesta predominantemente en las fibras de contracción rápida (Whipp, 1994). Cuando el ejercicio se vuelve más pesado la respuesta del VO_2 se vuelve más compleja, este sigue aumentando de manera exponencial al ritmo de trabajo hasta que se presenta un desarrollo lento del VO_2 y luego existe un equilibrio (Barstow, Buchthal, Zanconato y Cooper, 1994).

En el ejercicio de máxima intensidad el criterio tradicional para determinar el VO_2 máx. es cuando se logra una meseta, en la cual hay un pequeño o ningún cambio en el aumento del mismo ante una mayor intensidad de trabajo (Taylor, 1955 en Midgley, Carroll, Marchant, McNaughton y Siegler, 2009). Sin embargo, si se involucran grandes grupos musculares en el ejercicio se puede suponer que se ha alcanzado el VO_2 máx. si se ha realizado el mayor esfuerzo, aunque no se presente dicha meseta (Duncan, 1997 en Midgley et al. 2009). También se postula que debería alcanzarse

una nivelación o un leve descenso, que no debe confundirse con el VO_2 peak el cual es sólo el valor más alto registrado (McArdle et al. 1990), o cuando deja de aumentar por sobre algún valor esperado en observaciones previas (Mitchell, 1958; Taylor, 1955 en McArdle et al. 1990).

Existen otros criterios para determinar si se ha alcanzado el VO_2 máx. como el no completar el último bloque o estadio de un test (McArdle et al. 1990), el índice de intercambio respiratorio y la FC máxima (McArdle, 1990; Howley, 1995 en Midgley et al. 2009). Estos criterios se justifican porque no todos los sujetos presentan una meseta para determinar el VO_2 máx. a pesar de dar un esfuerzo máximo (Doherty, 2003; Froelicher, 1974; Rossiter, 2006 en Midgley et al. 2009).

En el test de Course Navette se ha indicado que no existe mayor diferencia entre el VO_2 máx. alcanzado en la prueba progresiva de 20 metros y el que se puede lograr en una prueba de caminar en una cinta rodante inclinada (Léger y Lambert, 1982).

1.3 Relación entre la FC y el VO_2 máx.

Se debe tener en cuenta que la relación entre el VO_2 máx. y la FC responde al tipo del ejercicio, masa muscular involucrada, la posición del cuerpo, intensidad del ejercicio, el ambiente, etc. (Darby y Marsh, 2007). La FC tiene una relación lineal con el gasto energético durante el estado de equilibrio en ejercicio y también una estrecha relación con el VO_2 máx. (Lubans, Morgan, Collins, Boreham y Callister, 2009). Cuando la FC y el VO_2 se expresan en porcentajes en relación a su máximo no se advierte diferencias en la pendiente de la curva en sujetos altamente entrenados, moderadamente entrenados y no entrenados (Achten y Jeukendrup, 2003).

En el ejercicio de corta duración y en estado estacionario existe una relación lineal entre la FC, el VO_2 máx. y la intensidad del ejercicio (Lamberts et al. 2004). Asimismo, en el ejercicio de intensidad moderada existe una



relación lineal entre la FC y el VO_2 máx. lo cual está sujeto a las diferencias individuales (Keytel et al. 2005).

Se ha modelado matemáticamente la regresión del VO_2 máx. y la FC máxima en términos relativos en 26 sujetos que se clasificaron en niveles de actividad física alto, medio y bajo, y que realizaron una prueba en cinta rodante con intensidades desde el 30 al 100% del VO_2 máx. para determinar los porcentajes de ambos parámetros de interés. Se encontró una relación lineal entre VO_2 máx. (%) y FC máxima (%) con un valor de $r = 0,996$ (Londeree y Ames, 1976). También se ha establecido una relación relativa entre la FC y el VO_2 máx. (Robergs y Landwehr, 2002), así cuando el VO_2 máx. tiene valores de 40, 50, 60, 70, 80 y 90% la FC máx. tiene valores del 63, 69, 76, 82, 89 y 95%, respectivamente.

En un estudio realizado por Keytel et al. (2005) se determinó que el 35, 62 y 80% del VO_2 máx. se correspondía con el 57, 77 y 90% de la FC máxima para un grupo de sujetos que completaron una prueba en estado estable en cinta rodante o en cicloergómetro.

En algunos casos la utilización de la FC para la predicción del VO_2 máx. en ejercicio submáximo puede tener errores, como se ha encontrado en el protocolo YMCA (Robergs y Landwehr, 2002). Sin embargo, el VO_2 máx. podría predecir la FC submáxima posiblemente por la relación lineal que existe entre estos parámetros o la variación de la FC día a día (Buono, Roby, Micale, Sallis y Shepard, 1991).

2. MÉTODO

La investigación es descriptiva y correlacional. La muestra de este estudio fue no probabilística e intencionada, pues la elección de los participantes no dependió de la probabilidad. Se escogió a estudiantes que cumplieran con características particulares: estar matriculados en la carrera de Educación Física de la Universidad San Sebastián de Concepción, que pertenecieran al año de ingreso académico 2013 ó 2014, que no tuvieran lesiones que les

impidieran realizar las pruebas pedestres de desempeño aeróbico y que completaran un cuestionario de aptitud física.

Se midió el desempeño aeróbico en 136 estudiantes en donde la participación de todos fue de carácter voluntario. Comprendieron la muestra un total de 32 mujeres ($19,7 \pm 1$ años) y 104 hombres ($20,3 \pm 1,7$ años) que cursaban entre el primer y segundo año de educación física. Los estudiantes del primer año académico ingreso 2014 fueron 72 con un total de 55 hombres ($20 \pm 1,7$ años) y 17 mujeres ($19,7 \pm 1,3$ años), y los estudiantes del segundo año académico ingreso 2013 fueron 64 correspondiendo a 49 hombres ($20,6 \pm 1,7$ años) y 15 mujeres ($19,8 \pm 0,7$ años).

Antes de realizar las mediciones los estudiantes completaron el Cuestionario de Aptitud para la Actividad Física PAR-Q (www.csep.ca) en su versión en castellano. Posteriormente se aplicó las pruebas pedestres de desempeño aeróbico CAFRA y Course Navette según el protocolo de administración de la prueba SIMCE de Educación Física (www.agenciaeducacion.cl). Además la prueba de CAFRA se administró de manera complementaria según el protocolo descrito por Bahamonde (2012).

La aplicación de las pruebas del desempeño aeróbico se llevó a cabo entre diferentes estaciones en las que los estudiantes ejecutaron algunas pruebas de condición física (CAFRA, flexibilidad de cadera, salto horizontal, prensión manual, encogimientos abdominales, salto vertical y flexo-extensiones de codo). Previo a rendir la prueba de CAFRA los estudiantes pasaron por la estación de flexo-extensiones de codo, y luego de recorrer todas las estaciones se aplicó la prueba de Course Navette.

Los alumnos de ingreso 2014 y 2013 rindieron las pruebas en un gimnasio de suelo no resbaladizo que forma parte de las dependencias de la universidad, iniciándose estas mediciones en horas de la mañana hasta alrededor del medio día. Las mediciones para ambos años de ingreso estuvieron separadas por 48 horas, por lo tanto las pruebas de



CAFRA y Course Navette se aplicaron en un momento único para los alumnos de primer y segundo año.

La prueba de CAFRA consiste en caminar alrededor de una pista en forma de pentágono de 50 metros (10 metros cada lado del pentágono) a una velocidad de 6 k/h durante 3 minutos (en total 500 metros) al ritmo de una señal acústica acompañada de música que va al ritmo de la marcha y al finalizar se mide la FCr durante 6 segundos para calcularla en pulsaciones por minuto (p/m).

Se determinó la FC máxima (p/m) de los sujetos por medio de la fórmula propuesta por Tanaka, Monahan y Seals (2001) y la medición de la FCr (p/m) al finalizar el test se realizó con monitores de FC marca Polar® modelo RS400sd (Polar Electro – Finlandia).

La prueba de Course Navette se caracteriza por utilizar etapas múltiples que puede ser administrada en el interior de los gimnasios que tengan superficies de dureza y fricción. Para este test el VO₂ fue evaluado de manera directa en su versión original, durante la recuperación luego de varias etapas múltiples en donde la velocidad máxima alcanzada en las etapas predijo la potencia aeróbica máxima (VO₂ máx.) con un valor de r = 0,84 y un error

de estimación estándar de 5,4 ml/kg/min (Léger y Lambert, 1982).

La estimación del VO₂ máx. en la prueba de Course Navette para la muestra de estudiantes de educación física se realizó a través de la fórmula $y = 5,857x - 19,458$ propuesta por Léger y Lambert (1982), donde y = VO₂ máx. (ml/kg/min); x = velocidad (k/h) del último palier completado. Cabe mencionar que la velocidad de cada palier descrita en el audio del protocolo de SIMCE es distinta a la del test original, tal como se precia en la Tabla I y Figura I.

La clasificación del VO₂ máx. por género y edad se realizó según los estándares de la American Heart Association (1972) reportados por Aránguiz, García, Rojas, Salas, Martínez y Mac Millan (2010) para estudiantes universitarios chilenos.

Para determinar la relación entre la FCr y el VO₂ máx. se utilizó la correlación de Pearson o Spearman. El análisis de fiabilidad fue en base a formas paralelas, es decir, medidas realizadas en una sola ocasión, tanto para FCr como para VO₂ máx., el que se apoyó en el programa SPSS versión número 19.

3. RESULTADOS

Tabla I. Datos básicos de los sujetos de la muestra de ambos años de ingreso, los cuales se expresan en valores promedio y desvío estándar entre paréntesis (F: femenino, M: masculino).

Año ingreso	Género	n	Edad años	Masa kg.	Talla m	IMC kg/m ²
2014+2013	F	32	19,7(1)	62,6(8,2)	1,62(0,07)	23,8(3,1)
	M	104	20,3(1,7)	71,8(11,2)	1,74,(0,06)	23,8(3,1)
	F+M	136	20,1(1,6)	69,6(11,3)	1,71(0,08)	23,8(3,1)

En la Tabla I se aprecia que los estudiantes jóvenes presentan una talla y una estatura proporcionada, esto reflejado en el IMC.



Tabla II. Desempeño aeróbico de los sujetos de la muestra según ambos años de ingreso para la prueba de CAFRA. Los datos se presentan en valores promedio y desvío estándar.

Año ingreso	Género	n	Edad años	FC máx. p/m	CAFRA p/m FC recuperación	CAFRA % FC máx
2014+2013	F	32	19,7(1)	193,2(0,7)	133(18,5)	68,8(9,6)
	M	104	20,3(1,7)	192,8(1,2)	111,1(19,2)	57,6(10)
	F+M	136	20,1(1,6)	192,9(1,1)	116,2(21,2)	60,2(11)

El desempeño aeróbico en la prueba de CAFRA ha demostrado ser de intensidad moderada para los estudiantes, sobre todo para los hombres, esto queda reflejado al observar el porcentaje de la FC máxima con

el que culminan la prueba, expresado en la FCr. Al realizar la caminata de 6 k/h durante 3 minutos es muy probable que la FC se haya estabilizado tras el primer minuto de esfuerzo.

Tabla III. Desempeño aeróbico de los sujetos de la muestra según ambos años de ingreso para la prueba de Course Navette. Los datos se presentan en valores promedio y desvío estándar.

Año ingreso	Género	n	Edad años	Course Navette Paliers	Velocidad Palier k/h	VO ₂ max. ml/kg/min	Clasificación
2014+2013	F	32	19,7(1)	6,2(1,7)	10,5(0,9)	42(5)	Bueno
	M	104	20,3(1,7)	9,7(1,9)	12,3(0,9)	52,7(5,4)	Excelente
	F+M	136	20,1(1,6)	8,9(2,4)	11,9(1,2)	50,2(6,9)	----

El VO₂ máx. promedio de los estudiantes hombres se corresponde con una menor FCr promedio en la prueba de CAFRA, descrita

en la tabla anterior. Consecuentemente las mujeres tienen mayor FCr y menor VO₂ máx. en comparación a los hombres.

Tabla IV. Relación en el desempeño aeróbico entre la prueba de CAFRA y Course Navette según género para el año de ingreso 2014 (valores promedio y desvío estándar).

Año ingreso	Género	CAFRA FC p/m	Course Navette VO ₂ max. ml/kg/min	Relación	p
2014	F	134(22,3)	43,8(5,6)	-0,407 ^p	ns
	M	113,3(20,8)	52,5(5,7)	-0,374 ^s	p<0,01
	F+M	118,2(22,7)	50,4(6,4)	-0,498 ^s	p<0,01

ns: no significativa; ^s Spearman; ^p Pearson

En la Tabla IV se aprecia una relación inversa entre las variables de interés, es decir, cuando una de ellas aumenta la otra disminuye, aunque

en las mujeres esta relación no es significativa. Esta relación se grafica en conjunto para hombres y mujeres en la Figura I.



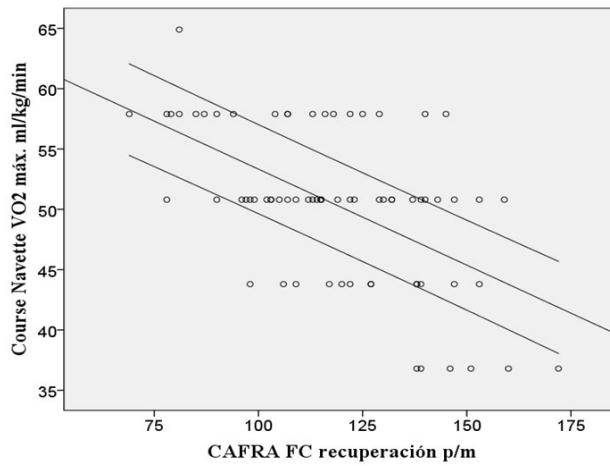


Figura I. Relación CAFRA – Course Navette año de ingreso 2014 para género masculino y femenino.

Tabla V. Relación en el desempeño aeróbico entre la prueba de CAFRA y Course Navette según género para el año de ingreso 2013 (valores promedio y desvío estándar).

Año ingreso	Género	CAFRA FC p/m	Course Navette VO ₂ máx. ml/kg/min	Relación	p
2013	F	131,8(13,6)	40(3,6)	-0,27 ^p	ns
	M	108,6(17,3)	52,8(5,6)	-0,407 ^s	p<0,01
	F+M	114(19,2)	49,8(7,5)	-0,625 ^s	p<0,01

ns: no significativa; ^s Spearman; ^p Pearson

Para los alumnos de ingreso 2013 también se aprecia una relación inversa y negativa entre las variables, del mismo modo para las

mujeres no es significativa. La relación gráfica se presenta en la Figura II.

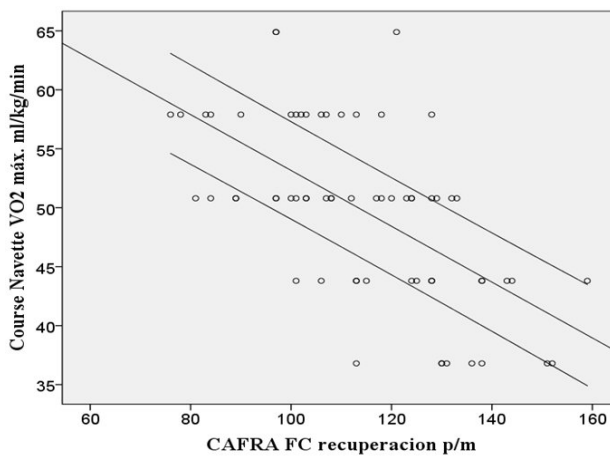


Figura II. Relación CAFRA – Course Navette año de ingreso 2013 para género masculino y femenino.



Tabla VI. Relación en el desempeño aeróbico entre la prueba de CAFRA y Course Navette según género para el año de ingreso 2014 y 2013 (valores promedio y desvío estándar).

Año ingreso	Género	CAFRA FC p/m	Course Navette VO ₂ max. ml/kg/min	Relación	p
2014+2013	F	133(18,5)	42(5)	-0,245 ^s	ns
	M	111,1(19,2)	52,7(5,4)	-0,396 ^s	p<0,01
	F+M	116,2(21,2)	50,2(6,9)	-0,545 ^s	p<0,01

ns: no significativa; ^s Spearman

Para los 136 sujetos de la muestra la relación entre FCr y VO₂ máx. es inversa y significativa, pero la FCr no podría extrapolarse ni predecir

un valor de VO₂ máx. de los estudiantes ya que en este caso la relación es moderada y no es en base a medidas repetidas.

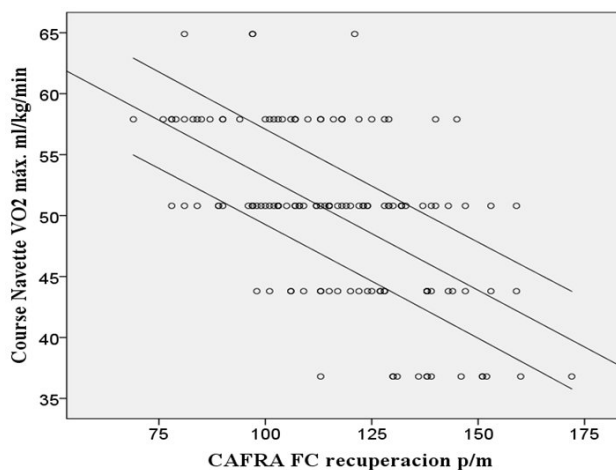


Figura III. Relación CAFRA – Course Navette año de ingreso 2013 y 2014 para ambos géneros.

4. DISCUSIÓN

Se aplicaron pruebas del desempeño aeróbico de CAFRA y Course Navette propuestas en SIMCE con el propósito de determinar el desempeño aeróbico, clasificar y analizar la relación que existe entre ambos test. En la primera prueba el indicador fue la FCr y en la segunda fue el VO₂ máx.

Respecto a la relación que existe entre la FCr y el VO₂ máx. Chatterjee, Chatterjee y Bandyopadhyay (2005) y Chatterjee, Chatterjee, Mukherjee y Bandyopadhyay (2004) encuentran una relación inversa entre dichos parámetros al aplicar una prueba

submáxima en escalón y una prueba hasta el agotamiento. Específicamente en una muestra de mujeres universitarias jóvenes y sedentarias se encontró una alta y negativa correlación entre la FCr en la prueba en escalón Queen's College Step Test (QCST) y el VO₂ máx. en una prueba en cicloergómetro hasta el agotamiento (Chatterjee et al. 2005). Por su parte Chatterjee et al. (2004) también han encontrado una relación negativa y alta entre ambos parámetros utilizando las mismas pruebas físicas en un grupo de hombres universitarios jóvenes y sedentarios. Estos hallazgos indican que en este fenómeno la tendencia es que a menor FCr mayor fue el VO₂ máx.



Tabla VII. Relación entre la FCr y el VO₂ máx. utilizando la prueba en escalón QCST y una prueba en cicloergómetro (USS: Universidad San Sebastián; UC: Universidad de Calcuta - India).

Género	Universidad			
	USS	UC	USS	UC
	M	M	F	F
n	104	30	32	40
Edad años	20,3(1,7)	22,6(0,2)	19,7(1)	21,9 (3,2)
Masa kg	71,8(11,2)	53,8 (0,2)	62,6 (8,2)	49,6 (5)
Talla m	1,74(0,06)	1,66 (0,05)	1,62 (0,07)	1,57 (0,03)
Test	Navette	Cicloergómetro	Navette	Cicloergómetro
VO ₂ máx. ml/kg/min	52,7(5,4)	39,8 (1,03)	42 (5)	35,5 (4,4)
Test	CAFRA	QCST	CAFRA	QCST
FCr p/m	111,1(19,2)	--	133 (18,5)	--
Correlación				
FCr - VO ₂ máx.	** -0,396 ^s	† -0,92 ^p	-0,245 ^s	† -0,83 ^p

† p > 0,001; ** p < 0,01; ^s Spearman; ^p Pearson

En la Tabla VII se demuestra que tanto en sujetos universitarios sedentarios como en estudiantes de educación física la relación entre la FCr y el VO₂ máx. es inversamente proporcional según la correlación expresada en la última fila de la tabla. Una de las pruebas submáximas en donde se mide la FCr es luego de subir y bajar un escalón (QCST) y la otra al finalizar una caminata (CAFRA), si bien ambas formas de ejecución se utilizan las extremidades inferiores la dinámica es totalmente diferente por lo que supuestamente estudiantes que ejecuten ambos test podrían presentar distintos valores de FCr. También el VO₂ máx. es determinado en pruebas que no tienen la misma forma de ejecución, uno por medio de la carrera pedestre y el otro por medio del pedaleo en cicloergómetro, en donde también se presentarían valores distintos en este parámetro para un mismo grupo de estudiantes. Parece razonable que la relación entre la FCr y el VO₂ máx. se analice en tests que tengan una misma forma de ejecución, ya sea pedestre (caminata y carrera), en cicloergómetro, en escalón, etc.

Se ha encontrado una correlación (Pearson) entre en VO₂ máx. en litros/minuto (L/min) y la FCr con un valor de p = 0,051 tras aplicar una prueba máxima y unas pruebas submáximas en cinta rodante en hombres sanos y físicamente

activos. La prueba máxima se realizó con el 1% de inclinación y con una velocidad de inicio de 6 k/h para ir aumentando 0,5 k/h cada 1 minuto hasta que el sujeto claudicara el ejercicio por fatiga voluntaria. Los criterios de VO₂ máx. fueron alcanzar la meseta en la curva del VO₂ a pesar de un aumento de intensidad, el índice de intercambio respiratorio mayor a 1,1 y alcanzar la FC máxima dentro de 10 p/m según la fórmula 220 - edad. No todos los sujetos cumplieron todos los criterios. Las pruebas submáximas tuvieron un esfuerzo hasta alcanzar la intensidad del 90, 80 y 70% de la FC máx. y la recuperación fue de pie durante 1 minuto para luego caminar a 4 k/h durante 1 minuto. Estas pruebas submáximas se realizaron en días posteriores a la prueba máxima, para todas ellas a los sujetos no se les permitió comer ni tomar café 2 y 3 horas antes de las mediciones, respectivamente, además no se les permitió realizar actividad física extenuante ni ingesta de alcohol 48 horas antes de las mediciones (Karjalainen, 2012).



Tabla VIII. Significancia estadística de la relación entre la FCr y el VO₂ máx. utilizando pruebas submáximas y máximas que se ejecutan de forma pedestre.

Género	M	M
n	104	10
Edad años	20,3(1,7)	36(7)
Masa kg	71,8(11,2)	84(8)
Talla m	1,74(0,06)	1,82(0,04)
Test VO ₂ máx.	Navette**	Cinta rodante*
	52,7(5,4)	---
Test FCr p/m	CAFRA	Cinta rodante*
	111,1(19,2)	---
Significancia FCr - VO ₂ máx.	p < 0,01	p = 0,051

** ml/kg/min; * L/min

En la tabla descrita aunque no existe un valor de correlación explícito para las pruebas en cinta rodante de igual forma esta es significativa, del mismo modo que la relación entre la prueba de CAFRA y Course Navette. Junto a esto se debe mencionar que las cuatro pruebas físicas son pedestres, realizadas por medio de la caminata, de la carrera de moderada y de máxima intensidad, por lo tanto la relación entre la FCr de los tests submáximos y el VO₂ máx. de los tests máximos cobra más sentido que las correlaciones realizadas en pruebas que utilizan distintos ergómetros y distintas formas de ejecución.

Se concluye que la clasificación del VO₂ máx. estimado en Course Navette para los estudiantes universitarios de educación física es aceptable, buena y excelente. Además en la muestra de sujetos de ambos géneros la tendencia es que a menor FCr mayor es el VO₂ máx. y viceversa, cuando se determinó la relación entre ambos indicadores.

Por último la prueba de CAFRA puede ser test alternativo a Course Navette para la medición del desempeño aeróbico para la muestra de sujetos estudiantes de educación física que conformaron la muestra.

Un supuesto de esta investigación es que se encontrarían resultados similares para la relación entre la FCr de CAFRA y el VO₂ máx. de Course Navette si el test submáximo de caminata se aplicara previo a la prueba de carrera incremental y sin otras pruebas de condición física entre el desarrollo. Esto último puede ser una limitación del estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achten, J. & Jeukendrup, E. (2003). Heart rate monitoring applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Aránguiz, H., García, V., Rojas, S., Salas, C., Martínez, R. y Mac Millan, N. (2010). Estudio descriptivo, comparativo y correlacional del estado nutricional y condición cardiorrespiratoria en estudiantes universitarios de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(1), 70-78. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182010000100007&script=sci_arttext
- Arena, R., Arrowood, J., Fei, D., Shelar, S., Helm, S. & Kraft, K. (2010). The influence of sex on the relationship between heart rate recovery and other cardiovascular risk factors in apparently healthy subjects. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 20, 291-297. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00883.x
- Bahamonde, P. (2012). Informe evaluación física a carabineros de Chile evaluación de la capacidad aeróbica sub-máxima. *Educación Física Chile*, 270, 43-52. Disponible en http://www.umce.cl/recursos-y-servicios/servicios/centro-de-descargas/doc_download/1892-revista-efisica-umce-2012.html



- Barak, O., Jakovljevic, D., Popadic, J., Ovcin, Z., Brodie, D. & Grujic, N. (2010). Heart rate variability before and after cycle exercise in relation to different body positions. *Journal of Sport Science and Medicine*, 9, 176-182. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Barstow, T., Buchthal, S., Zanconato, S. & Cooper, D. (1994). Muscle energetics and pulmonary oxygen uptake kinetics during moderate exercise [abstract]. *Journal of Applied Physiology*, 77(4), 1742-1749. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Borresen, J. & Lambert, M. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sport Med*, 38(8), 633-646. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Buono, M., Roby, J., Micale, F., Sallis, J. & Shepard, E. (1991). Validity and reliability of predicting maximum oxygen uptake via field test in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 3, 250-255. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Chatterjee, S., Chatterjee, P., Mukherjee, P. & Bandyopadhyay, A. (2004). Validity of Queen's College step test for use with young indian men. *British Journal Sports Medicine*. doi: 10.1136/bjism.2002.002212
- Chatterjee, S., Chatterjee, P. & Bandyopadhyay, A. (2005). Validity of Queen's College Step Test for estimation of maximum oxygen uptake in female students. *Indian Journal of Medical Research*. doi:10.1136/bjism.2002.002212
- Darby, L. & Marsh, J. (2007). Specificity of a maximal step exercise test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 11(3), 131-148. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Das, B., Ghosh, T. & Gangopadhyay, S. (2010). A comparative study of physical fitness index (PFI) and predicted maximum aerobic capacity (VO₂ max.) among the different groups of female students in west bengal, india. *International Journal of Applied Sport Sciences*, 20(1), 13-23. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Hughson, R. (1990). Exploring cardiorespiratory control mechanisms through gas exchange dynamics [abstract]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(1), 72-79. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Javorka, M., Zila, Y., Balhárek, T. & Javorka, K. (2002). Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity [abstract]. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 35(8), 991-1000. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Karjalainen, P. (2012). *Heart rate recovery after maximal and submaximal exercise*. (Tesis de maestría). University of Jyväskylä, Finlandia. Disponible en <https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/40063>
- Keytel, L., Goedecke, J., Noakes, T., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., Van der Merwe, L. & Lambert, V. (2005). Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of Sport Sciences*, 23(3), 289-297. doi:10.1080/02640410470001730089
- Lamberts, R., Lemmink, K., Durandt, J., & Lambert, M. (2004). Variation in heart rate during submaximal exercise: implications for monitoring training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 641-645. Disponible en <http://web.ebscohost.com>



- Lamberts, R., Swart, J., Noakes, T. & Lambert, M. (2009). Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 705-713. doi:10.1007/s00421-008-0952-y
- Léger, L. & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2 máx. *European Journal of Applied Physiology*, 49, 1-12.
- Londeree, B. & Ames, S. (1976). Trend analysis of the % VO_2 max-HR regression [abstract]. *Medicine and Sciences in Sports*, 8(2), 123-125. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- López, J. y Fernández, A. (2008). *Fisiología del ejercicio* (3a ed.). Madrid: Médica Panamericana.
- Lubans, D., Morgan, P., Collins, C., Boreham, C. & Callister, R. (2009). The relationship between heart rate intensity and pedometer step counts in adolescents. *Journal Sport Sciences*, 27(6), 591-597. doi:10.1080/02640410802676687
- McArdle, W., Katch, F. y Katch, V. (1990). *Fisiología del ejercicio: energía, nutrición y rendimiento humano* (2a ed.). Madrid, España: Alianza Deporte.
- Midgley, A., Carroll, S., Marchant, D., McNaughton, L. & Siegler, J. (2009). Evaluation of true maximal oxygen uptake based on a novel set standardized criteria. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 34, 115-123. doi:10.1139/H08-146
- Robergs, R. & Landwehr, R. (2002). The surprising history of the "HRmax=220-age" equation. *Official Journal of The American Society of Exercise Physiologists*, 5(2), 1-10. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- Souza, M., Lima, A., Silva, J., Silva, G., Pontes, L. & Lira, F. (2007). Cardiac frequency and blood pressure in different loads in the cirilo's ergometer step in the active women. *Fitness Performance*, 6(3), 156-161. doi:10.3900/fpj.6.3.156.e
- Tanaka, H., Monahan, K. & Seals, D. (2001). Age - predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156. doi: 10.1016/S0735-1097(00)01054-8
- Whipp, B. (1994). The slow component of O_2 uptake kinetics during heavy exercise [abstract]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(11), 1319-1326. Disponible en <http://web.ebscohost.com>
- www.agenciaeducación.cl
- www.csep.ca
- Xu, F. & Rhodes, E. (1999). Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sport Meds*, 27(5), 313-327. Disponible en <http://web.ebscohost.com>

Dirección para correspondencia:

Jaime Vásquez Gómez
Magíster en Ciencias de la Actividad Física,
Universidad Católica del Maule - Chile
Máster Oficial en Actividad Motriz y
Educación, Universidad de Barcelona (UB) -
España
Doctorando en Actividad Física, Educación
Física y Deporte, UB - España
Académico Facultad de Ciencias de la
Actividad Física
Universidad San Sebastián, Concepción -
Chile

Contacto:
jaime.vasquez@uss.cl

Recibido: 14-10-2014
Aceptado: 18-11-2014

