



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

Universidad de la República
Instituto Superior de Educación Física
Licenciatura en Educación Física
Tesina

**Comparación de respuestas fisiológicas entre un nuevo test escalonado
intermitente y un test escalonado continuo en sujetos físicamente
activos.**

Autores:

Felipe CARRIQUIRY
Gastón SÁNCHEZ

Profesor

tutor:

Carlos MAGALLANES

Grupo de Investigación en Deporte y Rendimiento

Montevideo, Noviembre, 2019.

ÍNDICE

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	2
INTRODUCCIÓN	3
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
OBJETIVOS	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	6
MARCO TEÓRICO	7
RESEÑA METODOLÓGICA	11
Diseño	11
Sujetos	11
Materiales y mediciones	12
Medidas antropométricas	12
Determinación de lactato sanguíneo	12
Percepción subjetiva del esfuerzo	12
Frecuencia cardíaca	12
Procedimiento de ejecución	13
Breve descripción de los test	13
Test escalonado continuo	13
Test escalonado intermitente	14
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	15
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXOS	26

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Objetivo: El propósito de este trabajo fue verificar si los parámetros fisiológicos (lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC) responden de manera similar en un nuevo test escalonado intermitente y un test escalonado continuo. **Métodos:** Ocho sujetos activos de ambos sexos, saludables, moderadamente entrenados, de $21,5 \pm 7,5$ años de edad, de $1,69 \pm 0,1$ m de altura, de $59,1 \pm 7,8$ kg de peso corporal fueron los sujetos de este estudio. Cada participante realizó el nuevo test escalonado intermitente y el test escalonado continuo. Los parámetros fisiológicos fueron monitoreados durante ambos test. Dado que cada participante y cada test tuvieron un número de estadios diferente, la comparación de los valores fisiológicos se efectuó en tres momentos determinados (OBLA, ILA y MAX). Para la comparación se utilizó la prueba t de Student para datos pareados (estableciendo un nivel de significación $\alpha = 0,05$), y el coeficiente de correlación de Pearson a efectos de determinar el grado de correlación entre ambos protocolos. **Resultados:** Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en RPE (OBLA: 0,03) y en FC (MAX: 0,02), entre ambos protocolos. **Conclusiones:** Si bien la pequeña muestra del estudio nos impide extraer cualquier conclusión definitiva, los resultados obtenidos a raíz de nuestra investigación sugieren que dichas variables analizadas (lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC) pueden ser utilizadas como parámetros de control de la intensidad en el test intermitente y probablemente también sea pertinente utilizarlas para la prescripción de intensidad del ejercicio intermitente. A su vez, el nuevo test escalonado intermitente demostró ser un test de fácil ejecución y comprensión, práctico y tolerable, entre otras posibles ventajas.

Palabras Clave: Test de resistencia; Test intermitente; Lactato sanguíneo.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de la unidad curricular Seminario de Tesina, la cual se enmarca dentro del Grupo de Investigación en Deporte y Rendimiento, identificado en la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) con el N° 883101.

La temática a investigar está situada en un área de intersección entre la fisiología del ejercicio y el entrenamiento deportivo. Concretamente, realizamos dos diferentes test de esfuerzo progresivo hasta el agotamiento y comparamos el comportamiento de respuestas fisiológicas seleccionadas.

Nuestra motivación en llevar a cabo la presente investigación se debe, en primer lugar, al interés que tenemos por el campo del entrenamiento, y en segundo lugar, a que el tema específico que nos propusimos abordar aún no está, a nuestro entender, suficientemente estudiado; particularmente en nuestro país.

Esperamos que este trabajo pueda aportar conocimientos al campo académico y profesional, y estimule a las próximas generaciones de estudiantes a realizar nuevas investigaciones en el área biológica del entrenamiento.

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Antiguamente los métodos para entrenar la resistencia utilizados en deportes de carácter acíclico (fútbol, básquetbol, rugby, etc.) se basaban en metodologías provenientes de disciplinas como el atletismo, donde la carrera continua e intervalada poseen singular importancia (Villar, 1983). Actualmente estos métodos de entrenamiento han sido casi totalmente sustituidos por metodologías intermitentes que alternan períodos cortos de carrera a alta intensidad y períodos cortos de recuperación, con el argumento de que esta forma de ejercitarse se asemeja más a lo que sucede al practicar deportes acíclicos (Casas, 2008).

Algunos autores sugieren que las respuestas y adaptaciones fisiológicas del ejercicio intermitente presentan ciertas peculiaridades que lo diferencian marcadamente del ejercicio continuo e intervalado (Billat et al., 2000; Billat et al., 2001; Argemi, 2014).

Si bien existe una gran cantidad de test continuos e intermitentes, sus protocolos presentan diferencias sustanciales que hacen difícil la comparación. Por ejemplo, mientras la gran mayoría de test continuos utiliza la carrera lineal, muchos test intermitentes son de carreras de ida y vuelta. La mayor participación neuromuscular que implica el constante frenar y arrancar en los test de ida y vuelta dificulta la comparación con los test de carrera continua. Además, para una más efectiva comparación, los test deben compartir otras características de sus protocolos como duración de los estadios, velocidad, forma de incrementar esta última, etc.

Debido a estas dificultades, y en función de la alegada particularidad fisiológica que se le atribuye al ejercicio intermitente, la pregunta que nos planteamos y deseamos responder es si al eliminar el componente neuromuscular adicional que representa el frenar y arrancar (mediante la utilización de carrera lineal en ambos test), los parámetros fisiológicos (lactato sanguíneo, velocidad, percepción subjetiva del esfuerzo y frecuencia cardíaca) responden de manera similar en un nuevo test intermitente y un test continuo convencional, presentando ambos test protocolos semejantes.

OBJETIVOS

Objetivo general

Verificar si existen diferencias en el comportamiento del lactato sanguíneo, velocidad, percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y frecuencia cardíaca (FC) entre un nuevo test escalonado intermitente (TI) y un test escalonado convencional (TC).

Objetivos específicos

1. Comparar entre TI y TC los valores de lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC en:
 - a. intensidad donde el lactato sanguíneo es de 4 mmol/l (OBLA: onset of blood lactate accumulation).¹
 - b. umbral de lactato individual (ILA: individual lactate threshold²).
 - c. momento que se alcanza la fatiga (MAX: cuando se debe interrumpir el test).

2. Correlacionar los valores de lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC entre TI y TC de manera pareada en:
 - a. OBLA.³
 - b. ILA.
 - c. MAX.

¹ No aplica para lactato sanguíneo.

² Definido operacionalmente como el valor de lactato 1,5 mmol/l superior al valor mínimo de lactato medido durante el test, incluido el valor de reposo.

³ No aplica para lactato sanguíneo.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿El lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC se comportan de forma similar en TI y en TC?
- ¿Los valores de lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC presentan una buena correlación en OBLA, ILA y MAX?

MARCO TEÓRICO

El siguiente marco teórico está estructurado de forma tal de justificar la comparación entre el nuevo test escalonado intermitente y el test escalonado continuo. Iniciamos destacando la importancia que el entrenamiento de resistencia tiene en los deportes acíclicos. Luego se presentan las diferencias y confusiones que generan las múltiples interpretaciones que implica el término “ejercicio intermitente”, aspecto que nos llevó a definirlo operacionalmente para nuestro estudio. Posteriormente, recurriendo a ciertos estudios publicados, señalamos las ventajas y desventajas que supone utilizar pausas activas o pasivas al realizar ejercicio intermitente. Por último señalamos algunas diferencias y similitudes que, según diversas investigaciones, existen entre el ejercicio continuo y el ejercicio intermitente.

Los deportes de carácter acíclico presentan demandas fisiológicas multifactoriales que van variando en el transcurso de la competencia. Por ejemplo, practicar fútbol a nivel de élite significa considerar varios aspectos con el fin de realizar un buen desempeño; aspectos vinculados a lo técnico-táctico, a lo fisiológico y a lo psicológico-social (Bangsbo, 1994). De estos aspectos mencionados, nuestra investigación se enfoca en las respuestas fisiológicas al ejercicio de resistencia.

Según Casas (2008) los deportes acíclicos consisten en una mezcla de acciones a diferentes intensidades, duraciones, frecuencias y características cinéticas; siendo el entrenamiento intermitente la manera ideal de responder a estas exigencias. Si bien es verdad que esta metodología ha tomado mayor relevancia en las últimas décadas, también es cierto que en la década del veinte y treinta existían deportistas que entrenaban con metodologías fraccionadas (Scarfó, 2013) y que alrededor del 1960 ya existían investigaciones (Casas, 2008). Tanto es así que en el transcurso del tiempo su concepto ha sido utilizado de diversas formas, en varias oportunidades de manera poco clara y hasta generando confusión (Scarfó, 2013).

En la literatura española este término también suele ser utilizado como sinónimo de *entrenamiento fraccionado* o *entrenamiento intervalado*, probablemente debido a la traducción de las múltiples terminologías que existen dentro de la literatura inglesa (intermittent exercise, interval-type exercise, interval training, high-intensity interval training, sprint intervals, etc.) (Tschakert & Hofmann, 2013). A su vez, muchos autores suelen utilizar un mismo término de diversas maneras; por ejemplo Burgomaster et al

(2008) hacen uso del término *low-volume high-intensity interval training* para referirse a intervalos de sprints de 30 segundos, mientras que Currie et al (2013) lo utilizan para el ejercicio intermitente a una potencia máxima de alrededor del 90% de la potencia pico⁴ durante 1 minuto. Por su parte Billat (2002) argumenta que el ejercicio intermitente puede adoptar formas muy distintas dependiendo de la duración e intensidad de los tiempos de trabajo y recuperación, así como también el número de repeticiones y series.

En función de lo mencionado en el párrafo anterior, parecería que todo lo que no es ejercicio continuo se podría catalogar como ejercicio intermitente, con autores que definen este tipo de ejercicio variando su duración, esfuerzos y pausas, mostrándonos incluso que en ocasiones se utiliza una nomenclatura diferente para referirse al mismo concepto.

A efectos de nuestro trabajo, y sin pretender tomar partido en esta discusión, definimos operacionalmente “ejercicio intermitente” como un protocolo que implica la repetición de períodos de ejercicio de entre 10-30 segundos a alta intensidad (en torno a la velocidad de $VO_{2m\acute{a}x}^5$), con períodos de recuperación pasiva-activa de aproximadamente igual duración.

Las ventajas de realizar ejercicio intermitente con recuperación pasiva es que esta nos permite una mejor resíntesis de fosfocreatina y una mayor re-oxigenación de mioglobina y hemoglobina (Dupont, Moalla, Guinhouya, Ahmaidi & Berthoin, 2003). Este tipo de recuperación tiene como desventaja que los parámetros cardiovasculares descienden en mayor medida que cuando se utiliza una pausa activa y que además la remoción de lactato es menor (Dupont et al, 2003). Por otro lado, en la recuperación activa sucede lo opuesto; al realizar este tipo de pausa contamos con la ventaja de que los parámetros cardiovasculares no descienden de manera abrupta (Berger, Tolfrey, Williams & Jones, 2006; citado en Sánchez, 2015 p. 199) y que la concentración de lactato sanguíneo desciende con mayor efectividad (Greenwood, Moses, Bernardino, Gaesser & Weltman, 2008). Considerando las ventajas y desventajas de ambos tipos de pausa, y procurando un compromiso óptimo entre las mismas, es que escogimos el protocolo para nuestra

⁴Es la potencia máxima alcanzada en el protocolo (instante más alto de potencia o PMP).

⁵Durante un test de esfuerzo progresivo, el consumo de oxígeno (VO_2) aumenta a medida que se incrementa la velocidad. La mínima velocidad a la cual se alcanza el VO_2 máximo es a lo que se denomina velocidad al VO_2 máximo ($vVO_{2m\acute{a}x}$) (ver Billat & Koralsztein, 1996, por una discusión más profunda sobre la utilidad de este indicador).

investigación. Dicho protocolo consiste en un trabajo de 15x15 (ver descripción del protocolo en apartado Metodología).

Como mencionamos en la problematización, diversos autores sugieren que las respuestas y adaptaciones fisiológicas del ejercicio intermitente presentan diferencias al compararlo con el ejercicio continuo o el ejercicio intervalado (Billat et al., 2000; Billat et al., 2001; Argemi, 2014). Laursen (2010) describe al “ejercicio intermitente” como una metodología que permite alcanzar grandes volúmenes de entrenamiento a intensidades altas involucrando fuertemente al sistema cardiorrespiratorio. A su vez, según Billat et al (2000) esta metodología posibilita la ejercitación a mayores intensidades de trabajo presentando menores concentraciones de lactato sanguíneo al compararse con el ejercicio continuo.

En investigaciones anteriores en la que se utilizan estas dos metodologías, podemos notar algunas discrepancias. Un estudio publicado en el año 2015 en el cual se realizó 30 minutos de ejercicio intermitente al 100% de la velocidad pico en cinta con una relación trabajo-pausa 1-1 (15 segundos de trabajo y 15 segundos de recuperación), y un ejercicio continuo realizado al 110% del umbral de lactato cubriendo la misma distancia que en el ejercicio intermitente, se registró que por más que el ejercicio intermitente fue percibido como más intenso que el continuo, estos presentaron resultados similares en cuanto a los niveles de lactato en sangre (Cerdeira-Kohler, Pullin & Cancino-López, 2015). Otro estudio que consistió en realizar ejercicio continuo hasta el agotamiento a una velocidad constante correspondiente al 50% de la diferencia entre VO_2 máx y el umbral anaeróbico individual, y un ejercicio intermitente con una relación trabajo-pausa 2-1 ejecutado a la misma velocidad, concluyó que el ejercicio continuo destaca con una mayor acumulación del lactato con respecto al ejercicio intermitente (Demarie, Koralsztein & Billat, 2000).

En cuanto a la utilización de sustratos energéticos, un estudio comparativo entre un ejercicio intermitente (15 s de trabajo: 15 s de recuperación) y un ejercicio continuo a igual consumo de oxígeno promedio, mostró que la utilización de carbohidratos (CHO) y grasas fue similar cuando la cantidad total de trabajo realizado era casi idéntica (Essen, Hagenfeldt & Kaijser, 1977). Al respecto, Randle, Newsholme & Garland (1964) realizaron estudios in vitro evidenciando que la acumulación de citrato puede inhibir el proceso de la glucólisis (Citado en Essen, Hagenfeldt & Kaijser, 1977 p. 505) lo cual podría facilitar la utilización de ácidos grasos como fuente de energía (Essen, Hagenfeldt & Kaijser, 1977). Años más tarde, y en contradicción con los hallazgos anteriores, otros autores mostraron que la oxidación de grasas resultó ser casi tres veces menor que la

utilización de CHO durante 90 min de ejercicio intermitente (12 s de trabajo: 18 s de recuperación) comparado con 90 min de ejercicio continuo (ambos a una intensidad de alrededor del 70% del pico de potencia aeróbica), a pesar de tener el mismo gasto energético (Christmass, Dawson, Passeretto & Arthur, 1999).

A pesar de las diferencias fisiológicas que existen entre estos dos tipos de ejercicio, varios entrenadores suelen recurrir a test de protocolos continuos para prescribir ejercicios intermitentes (Argemi, 2014), justificando esta acción en base al argumento de que el deportista de esta forma logra estabilizar su ritmo cardíaco (Tuimil, 1999) pudiendo así determinar una intensidad de trabajo para dar paso al test intermitente. Creemos conveniente el hecho de que los test utilizados para medir FC, determinar el lactato sanguíneo y para prescripción de ejercicio, deben presentar estadios de duración en los cuales se alcancen estados estables, pero de todas formas entendemos que utilizar test continuos para prescribir ejercicio intermitente resulta inadecuado.

A raíz de las controversias que exponen estas investigaciones en relación a sus resultados, las diferencias evidentes en sus protocolos, y de la ausencia de test intermitentes que alcancen ritmos de trabajo estables (como el nuestro), es que surge el interés de estudiar el comportamiento de las respuestas fisiológicas de ambas metodologías mediante dos test (TI vs. TC) con protocolos comparables.

RESEÑA METODOLÓGICA

Diseño

El presente estudio es de carácter cuantitativo y consta de un diseño experimental debido a que se manipuló una variable independiente (velocidad) con el fin de analizar los efectos que esta ocasiona sobre las variables dependientes (lactato sanguíneo, RPE y FC) (Cid & Ferro, 2018). Adicionalmente, dado que los sujetos que conforman el grupo a investigar no fueron escogidos aleatoriamente sino por criterios de conveniencia, este diseño no es puramente experimental sino cuasi-experimental (Sampieri, Collado & Lucio, 2014).

Sujetos

Ocho sujetos de ambos sexos, físicamente activos, de $21,5 \pm 7,5$ años de edad, de $1,69 \pm 0,1$ m de altura y de $59,1 \pm 7,8$ kg de peso corporal fueron los participantes de nuestra investigación. Todos ellos fueron informados del objetivo del estudio y de los procedimientos que se llevarían a cabo. Para participar de la investigación, se les requirió presentar carnet de salud vigente y firmar un consentimiento informado. Además, como criterios de inclusión, los sujetos tenían que haber entrenado de manera sistemática e ininterrumpidamente como mínimo durante el último año. Como criterios de exclusión, los sujetos no podían (a) estar sometidos a ningún tipo de intervención médica al momento de la valoración; (b) presentar ningún tipo de lesiones musculares al momento de realizar el test ni estar en etapa de rehabilitación; (c) ser fumadores.

Finalmente se le solicitó a los sujetos que asistieran a la pista con 24 horas de descanso respecto al entrenamiento anterior, que evitaran la ingesta de alcohol por al menos 24 hs antes de la realización del test y que desayunaran como lo hacían habitualmente.

Dado que el Comité de Ética del ISEF se encuentra en proceso de formación, a efectos de solicitar la autorización correspondiente para la ejecución del estudio, se presentó el proyecto al Comité de Ética del Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes (CEIUACJ).

Materiales y mediciones

Medidas antropométricas

Las medidas antropométricas (talla y peso) se realizaron de forma individual mediante un estadiómetro (SECA 213) y balanza digital (GA.MA profesional) previamente a ejecutar la primera prueba.

Determinación de lactato sanguíneo

Los niveles de lactato sanguíneo fueron evaluados mediante el analizador enzimático Accutrend Plus® (Cobas, Laboratorio Roche, Suiza) tras obtener una muestra de sangre capilar mediante una pequeña punzada en uno de los dedos. Consiguientemente la sangre se colocó sobre una cinta reactiva de lactato (Accutrend BM-Lactate, Laboratorio Roche, Suiza) la cual fue insertada previamente en el aparato Accutrend Plus®.

Percepción subjetiva del esfuerzo

La percepción subjetiva de esfuerzo fue valorada mediante la Escala CR-20 RPE (Borg, 1982). Al momento de finalizar cada estadio se les preguntó a los sujetos cuán intenso había sido el esfuerzo realizado mientras observaban la escala numérica de Borg.

Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca se registró por medio de relojes deportivos (V 800, Polar Electro, Kempele, Finlandia). Cada vez que los sujetos terminaban un estadio se les controló y registró la frecuencia cardíaca.

Todas las medidas (lactato, RPE y FC) fueron registradas antes de comenzar cada test, durante la realización de los mismos e inmediatamente al finalizar.

Procedimiento de ejecución

Las pruebas de campo fueron llevadas a cabo en dos instancias en la pista de atletismo “Darwin Piñeyrúa”. Los sujetos acudieron dos veces a la pista de atletismo a la misma hora. Entre la primer y segunda visita hubo 48 horas de separación.

El primer día se registró el peso y la altura de los sujetos, se explicaron todos los procedimientos y objetivos del estudio y se realizó un breve ensayo de cada test con el fin de que los sujetos se familiaricen con la dinámica de los mismos. A seguir se ejecutó el test escalonado continuo. Antes de comenzar el test controlamos que los pulsómetros estuvieran funcionando correctamente y registramos los valores de FC y lactato de reposo. Los bloques de carrera del test fueron de tres minutos y los tiempo de pausa entre cada bloque (para registrar la FC y realizar la extracción de sangre de la yema del dedo) no superó el minuto.

El segundo día los sujetos realizaron el nuevo test escalonado intermitente en el cual los tiempos de carrera y medición fueron los mismos.

Las mediciones como ya mencionamos, se efectuaron antes de realizar los test (reposo), durante (luego de cada estadio de tres minutos) e inmediatamente al finalizar cada test (al momento que el sujeto decidiera abandonar el test o que el profesor lo diera por terminado). En el caso de que el test fuese interrumpido en el transcurso de un estadio, el sujeto debía acercarse a la mesa de medición con un trote ligero para lograr registrar los datos lo más pronto posible.

Breve descripción de los test

Test escalonado continuo

El test consiste en estadios sucesivos de 3 minutos de duración con una breve pausa de 1 minuto entre cada uno de ellos. Cada estadio se realiza a una velocidad preestablecida. Esta aumentará de a 2 km/h a medida que se complete cada estadio. El primer estadio se efectúa a 6 km/h, el segundo a 8 km/h, el tercero a 10 km/h y así sucesivamente hasta que el individuo alcance la fatiga (no consiga mantener la velocidad requerida). En cada una de las pausas y al momento de alcanzar la fatiga se extrajeron las muestras de sangre (para medir el lactato sanguíneo), se registró el RPE y la FC.

Test escalonado intermitente

El test intermitente sigue un protocolo casi idéntico al del test escalonado continuo. Está dividido en estadios de 3 minutos con 1 minuto de pausa para realizar las mediciones, aumentando la velocidad de manera progresiva. Al ser intermitente, cada estadio posee dos velocidades, una de carga y otra de recuperación efectuándose en dinámica 15x15 (15

segundos de carga y 15 segundos de recuperación). La velocidad de recuperación fue siempre la misma, 6 km/h. La velocidad de carga, al igual que en el test escalonado continuo, también aumenta de a 2 km/h: primer estadio 10 km/h, segundo estadio 12 km/h, tercer estadio 14 km/h y así sucesivamente hasta que el individuo llegue a la fatiga. La medición de lactato sanguíneo, el registro de RPE y FC también se efectuó en cada una de las pausas y al momento de alcanzar la fatiga.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primer lugar se realizó un análisis descriptivo básico de los datos obtenidos, expresados como media \pm desviación estándar.

Posteriormente, se llevaron a cabo varias pruebas t de Student para datos pareados con la finalidad de establecer la existencia o no de diferencias significativas. En todos los casos se estableció un nivel de significación $\alpha = 0,05$. Los análisis se realizaron mediante el software R de distribución libre.

Pruebas t de Student entre ambos protocolos (intermitente - continuo): los valores de lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC registrados en ILA, OBLA y MAX de cada uno de los protocolos, fueron comparados respectivamente entre sí.

A su vez, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar las correlaciones existentes entre ambos test durante los momentos seleccionados (ILA, OBLA y MAX). La magnitud de los efectos fue valorada de acuerdo al criterio descrito por Hernández, Fernández y Baptista (2010), el que se resume a seguir:

- 1.00 = Correlación negativa perfecta
- 0.90 = Correlación negativa muy fuerte
- 0.75 = Correlación negativa considerable
- 0.50 = Correlación negativa media
- 0.10 = Correlación negativa débil
- 0.0 = No existe correlación alguna entre las variables
- + 0.10 = Correlación positiva débil.
- + 0.50 = Correlación positiva media.
- + 0.75 = Correlación positiva considerable.
- + 0.90 = Correlación positiva muy fuerte.
- + 1.00 = Correlación positiva perfecta

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los números de referencia de cada participante con su correspondiente edad, altura y peso.

Tabla 1. Edad, altura y peso de los participantes

Sujeto	Edad (años)	Altura (m)	Peso (kg)
1	18	1,69	63
2	24	1,78	63
3	14	1,54	42
4	18	1,52	53
5	21	1,72	67
6	21	1,86	63
7	16	1,74	56
8	40	1,69	66
MEDIA ± SD	21,5 ± 7,5	1,69 ± 0,1	59,1 ± 7,8

En la tabla 2 se exponen los valores p obtenidos de la prueba t de Student entre ambos protocolos a nivel del lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC en los momentos correspondientes a ILA, OBLA y MAX.

Tabla 2. Valores p obtenidos a partir de la prueba t de Student al comparar ambos test.

	Lactato Sanguíneo (mM/L)	Velocidad (Km/h)	RPE	FC (bpm)
ILA	0,1	0,002	0,36	0,95
OBLA	NA	0,0001	0,03	0,3
MAX	0,11	0,0003	0,55	0,02

ILA: individual lactate threshold; OBLA: onset of blood lactate accumulation; MAX: cuando se debe interrumpir el test; NA: No aplica. En amarillo los valores que presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la **Tabla 2** se puede observar que el lactato sanguíneo no presenta diferencias significativas entre ambos protocolos ($p > 0,05$). Cabe mencionar que no aplica en OBLA ya que es un momento seleccionado en relación a un valor fijo de lactato en sangre (4,0

mM/l). Los valores de velocidad presentan diferencias significativas en los tres momentos a estudiar ($p < 0,05$). Respecto a los valores de RPE, estos no presentan diferencias significativas tanto en ILA como en MAX ($p > 0,05$), pero sí lo hacen en OBLA ($p < 0,05$). Por último, los valores de FC sólo presentan diferencias significativas al momento de alcanzar la frecuencia máxima ($p < 0,05$).

En la tabla 3 se presentan las correlaciones obtenidas entre ambos test, a partir de la prueba de coeficiente de correlación de Pearson, para los valores de lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC en ILA, OBLA y MAX, respectivamente.

Tabla 3. Correlación (Pearson) entre ambos test para valores de lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC en ILA, OBLA y MAX, respectivamente.

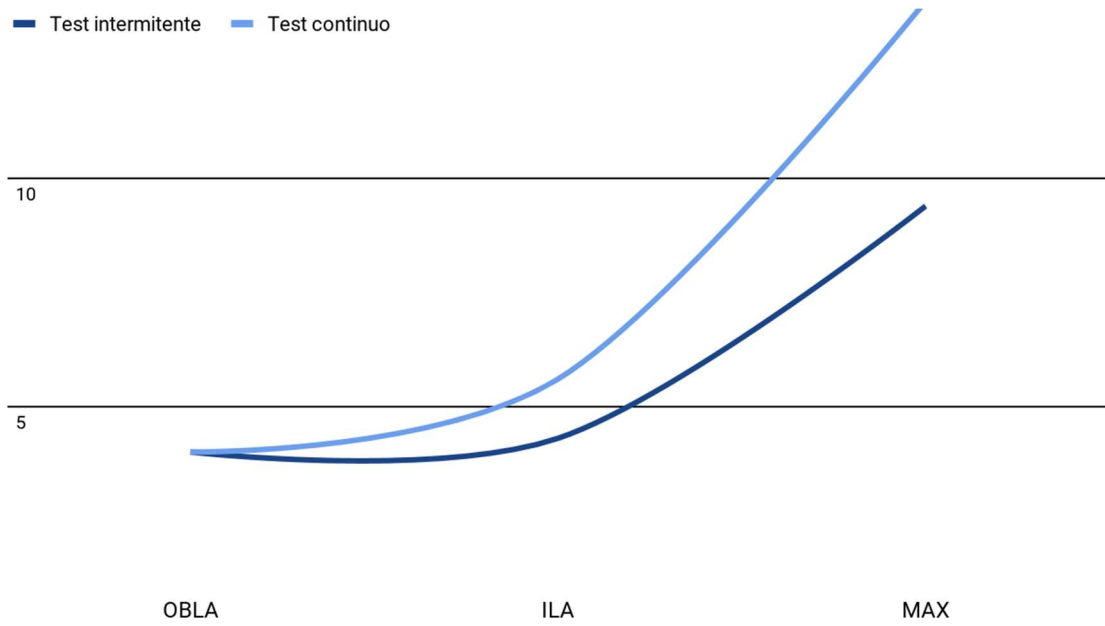
cor.test	lactato sanguíneo (mM/L)	velocidad (Km/h)	RPE	FC (bpm)
ILA	-0,03	0,44	-0,34	0,13
OBLA	NA	0,64	-0,7	0,1
MAX	-0,21	0,85	0,22	0,76

cor.test: test de correlación de Pearson; ILA: individual lactate threshold; OBLA: onset of blood lactate accumulation; MAX: cuando se debe interrumpir el test; NA: No aplica.

Se puede observar en la **tabla 3** que el lactato sanguíneo presenta correlación negativa débil tanto en ILA ($r = -0,03$) como en MAX ($r = -0,21$). En OBLA no corresponde al ser un momento seleccionado en relación a un valor fijo de lactato en sangre (4,0 mM/l). En el caso de la velocidad se puede observar una correlación positiva media en ILA ($r = 0,44$), una correlación positiva de carácter considerable en OBLA ($r = 0,64$) y correlación positiva muy fuerte en MAX ($r = 0,85$). Respecto al RPE los valores presentan una correlación negativa media en ILA ($r = -0,34$), una correlación negativa considerable en OBLA ($r = -0,7$) y una correlación positiva débil ($r = 0,22$) en MAX. Por último, en el caso de la FC se puede observar una correlación positiva débil tanto en ILA ($r = 0,13$) como en OBLA ($r = 0,1$) y una correlación positiva considerable en MAX ($r = 0,76$).

El gráfico 1 presenta el comportamiento del lactato sanguíneo del sujeto 2 en los puntos seleccionados (OBLA, ILA y MÁX) en ambos test. Se puede observar un comportamiento similar ya que a medida que el test progresa, aumenta el lactato sanguíneo.

Gráfico 1. Curva de lactato sanguíneo en test escalonado intermitente y test escalonado continuo (sujeto 2).



ILA: individual lactate threshold; OBLA: onset of blood lactate accumulation; MAX: cuando se debe interrumpir el test.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se compararon las respuestas fisiológicas de un test escalonado continuo convencional y un nuevo test escalonado intermitente (de nuestra autoría) a través de dos protocolos similares. Concretamente, los valores a comparar fueron el lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC en tres momentos determinados (ILA, OBLA y MAX). Este apartado comienza aludiendo a lo que refiere al nuevo test escalonado intermitente y las ventajas que este expuso. A seguir, realizaremos la discusión a partir de los datos obtenidos en ambos protocolos y de su posterior análisis mediante la prueba t de Student y el coeficiente de correlación de Pearson.

Ante todo queremos destacar al nuevo test escalonado intermitente como un test simple de llevar a cabo y apropiado como test de resistencia con aumento progresivo de la intensidad, pues a medida que la velocidad fue aumentando, también lo hicieron las variables estudiadas (lactato sanguíneo, RPE y FC). Las características intermitentes de este nuevo test (alternancia entre carga y recuperación) determinan que los niveles de velocidad alcanzados sean mayores a los del test escalonado continuo. Esta mayor velocidad en combinación con las aceleraciones y desaceleraciones que la dinámica del test requiere, generan un mayor reclutamiento de fibras de contracción rápida (tipo 2) a niveles similares de lactato y FC, lo que nos permite sugerir que tal vez dicho protocolo intermitente podría ser una forma efectiva de estimular las adaptaciones oxidativas en las fibras de contracción rápida.

Como explicamos en el marco teórico, existen diversos estudios que comparan ambas metodologías (continuas e intermitentes). No obstante, uno de los motivos para llevar a cabo esta investigación es que la mayoría de estas investigaciones utilizan protocolos de ejercicio que son difíciles de comparar, pues los parámetros de carga (intensidad, duración, pausa) suelen ser marcadamente diferentes. Dada la carencia de estudios similares al nuestro, poca bibliografía nos fue de utilidad para realizar una debida comparación y discusión de los resultados que obtuvimos.

Se puede señalar que, en el caso del lactato sanguíneo (tabla 2) no se percibieron diferencias significativas en los puntos considerados. El estudio de Cerda-Kohler, Pullin & Cancino-López (2015) que anteriormente mencionamos en el marco teórico, presenta cierto grado de similitud con el nuestro. Como ya se ha explicado, dicho estudio consistió en la comparación entre un ejercicio intermitente de 15 segundos de trabajo y 15 segundos

de pausa pasiva al 100% de velocidad pico en cinta y un ejercicio continuo al 110% del umbral lactato⁶, ambos recorriendo la misma distancia. Al igual que en el nuestro, su estudio tampoco registró diferencias significativas en los niveles de lactato en sangre.

Con relación a los valores de velocidad podemos apreciar diferencias significativas en la totalidad de los momentos considerados. Esto no es de sorprender, debido a la diferente dinámica de los test. Por ejemplo, para obtener 4,0 mm/l (OBLA) de lactato en sangre el sujeto 1 tuvo que alcanzar una velocidad de 9,6 km/h en TC mientras que en TI la velocidad fue de 17,3 km/h (durante los 15 segundos de carga).

Por otra parte, los valores de RPE presentan diferencias significativas en OBLA. Coquart et al (2008) realizaron un estudio comparando ambos tipos de ejercicios mediante un grupo entrenamiento y un grupo control. Cada grupo estaba conformado por 20 mujeres obesas sedentarias (10 con diabetes tipo II y 10 sin diabetes). Luego de 10 semanas de ejercicio físico⁷, el grupo entrenamiento percibió al ejercicio intermitente como menos dificultoso que el ejercicio continuo.

Por último la FC sólo presentó diferencias significativas en MAX. Esto resulta llamativo dado que la FC que se logra al momento de alcanzar la fatiga en test progresivos maximales suele ser casi idéntica. Por ejemplo, en MAX el sujeto 4 registró una frecuencia cardíaca de 200 bpm en el TC luego de realizar 26,3 minutos de ejercicio, mientras que en el TI este mismo sujeto alcanzó apenas 175 bpm, con un tiempo de trabajo similar (27 minutos). Teniendo en cuenta este ejemplo, es posible que al realizar ejercicio continuo a una intensidad cercana a la fatiga la FC sea mayor que realizando ejercicio intermitente a igual intensidad y en la misma cantidad de tiempo de trabajo.

En cuanto a los datos obtenidos a partir del coeficiente de correlación de Pearson, no podemos extraer ninguna conclusión debido a la disparidad de resultados.

Con respecto a la relación entre el nuevo test escalonado intermitente y el test escalonado continuo los resultados obtenidos a raíz de la investigación sugieren que existen diferencias en RPE (OBLA: 0,03) y en FC (MAX: 0,02). Es preciso mencionar que los resultados deben analizarse con cautela debido a ciertos imprevistos que han surgido en nuestra

⁶ Previo a cada ejercicio ejecutaron un test incremental con el fin de obtener los datos del % de velocidad pico en cinta y el umbral lactato personal.

⁷ El programa de entrenamiento consistió en 3 sesiones por semana de 32 minutos en bicicleta ergométrica.

investigación: escaso número de sujetos, escaso presupuesto para la compra de materiales, diferencia climática en los días en que se ejecutaron los test, entre otros.

Cabe destacar que, aún habiendo diferencias significativas en RPE (OBLA) y FC (MAX), los comportamientos de las variables respondieron de manera similar en ambos test ya que han ido aumentando a medida que fue avanzando el estudio. Por lo tanto, observando que varios entrenadores suelen recurrir a test de protocolos continuos para prescribir ejercicios intermitentes (Argemi, 2014) y los resultados obtenidos a partir de nuestro estudio, cabe cuestionarse si es coherente prescribir el ejercicio intermitente a partir de un protocolo continuo o si sería más adecuado prescribirlo propiamente por medio de un protocolo intermitente.

CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio pudimos observar que el nuevo test escalonado intermitente demostró ser un test de fácil ejecución y comprensión, práctico y tolerable, aspecto que lo convierte, junto a otras ventajas, en un test de campo útil para este tipo de investigaciones. A su vez, las variables analizadas (lactato sanguíneo, velocidad, RPE y FC) pueden ser utilizadas como parámetros de control de intensidad en el test intermitente y probablemente también sea pertinente utilizarlas para la prescripción de intensidad del ejercicio intermitente. Como se puede observar en los resultados, dicho test se comporta de manera adecuada ya que al aumentar la intensidad, aumentan también las variables de lactato sanguíneo, RPE y FC.

Por último, pretendemos promover el hecho de que se sigan realizando investigaciones de este tipo con el fin de confirmar o complementar los hallazgos de este estudio. Sugerimos a futuras generaciones interesadas en el tema, que tomen esta investigación como estudio piloto y lo repitan realizando más mediciones (ej: gases respiratorios) y con una muestra más grande de sujetos con el fin de recabar resultados más específicos y certeros.

BIBLIOGRAFÍA

Argemi, R. (2014). *El intermitente, fundamentos del trabajo físico*. Buenos Aires, Argentina. 320 p.

Bangsbo, J. (1994). *The physiology of soccer: With special reference to intense intermittent exercise*. Acta Physiol Scand Suppl. 619(1), 1-156.

Billat, V. L., Slawinski, J., Bocquet, V., Chassaing, P., Demarle, A. & Koralsztein, J. P. (2001). *Very short (15s-15s) interval-training around the critical velocity allows middle-aged runners to maintain VO₂ max for 14 minutes*. International journal of sports medicine, 22(3), 201–208.

Billat, V. L., Slawinski, J., Bocquet, V., Demarle, A., Lafitte, L., Chassaing, P. & Koralsztein, J. P. (2000). *Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs*. European journal of applied physiology, 81(3), 188–196.

Billat, V. L., & Koralsztein, J. P. (1996) *Significance of the Velocity at VO₂max and Time to Exhaustion at This Velocity*. Sports Medicine, 22(2), 90–108., doi:10.2165/00007256-199622020-00004.

Billat, V. L. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento: De la teoría a la práctica*. Editorial Paidotribo.

Borg, G. (1982). *Psychophysical bases of perceived exertion*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 14(5), 377-381.

Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., MacDonald, M. J., McGee, S. L. & Gibala, M. J. (2008). *Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans*. J Physiol. 586(1), 151-160.

Casas, A. (2008). *Physiology and methodology of intermittent resistance training for acyclic sports*. Journal of Human Sport & Exercise. 3(1), 23-53.

Cerda-Kohler, H., Pullin, Y. & Cancino, J., (2015). *Effects of continuous and intermittent endurance exercise in autonomic balance, rating perceived exertion and blood lactate levels in healthy subjects*. Apunts Medicina de l'Esport. 50(185), 29-34.

- Cid, F. & Ferro, E. (2012). *Manual de investigación cuantitativa. Para estudiantes de Educación Física*. Editorial Académica Española. España. 171 p.
- Christmass, M. A., Dawson, B., Passeretto, P. & Arthur, P. G. (1999). *A comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained continuous and intermittent exercise*. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 423-435.
- Coquart, J. B., Lemaire, C., Dubart, A., Luttenbacher, D., Douillard, C., & Garcin, M. (2008, 08). *Intermittent versus Continuous Exercise: Effects of Perceptually Lower Exercise in Obese Women*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(8), 1546-1553.
- Currie, K. D., Dubberley, J. B., McKelvie, R. S. & MacDonald, M. J. (2013). *Low-volume, high-intensity interval training in patients with coronary artery disease*. *Med Sci Sports Exerc*. 45(8):1436-1442.
- Demarie, S., Koralsztejn, J. P. & Billat, L. V. (2000). *Time limit and time at VO₂max' during a continuous and an intermittent run*. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(2), 96-102.
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S. & Berthoin, S. (2003). *Passive versus Active Recovery during High-Intensity Intermittent Exercises*. *Medicine & Science In Sports & Exercise*. 36(2), 302-308.
- Essen, B., Hagenfeldt, L. & Kaijser, L. (1977). *Utilisation of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man*. *J Physiol (Lond)* 265(2), 489-506.
- Greenwood, J. D., Moses, G. E., Bernardino, F. M., Gaesser, G. A. & Weltman, A. (2008). *Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance*. *J Sports Sci*. 26(1), 29-34.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Laursen, P. B. (2010). *Training for intense exercise performance: High-intensity or high-volume training?* *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 1-10.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F. & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México, México. McGraw-Hill Education.

Sánchez, T. (2015). *Efectos inmediatos del tipo de pausa (activa versus pasiva) en el entrenamiento interválico de alta intensidad*. Tesis doctoral Universidade da Coruña, p. 52 - 65, 76 - 86.

Scarfó, R. L. (2013). *Ejercicio Intermitente: análisis histórico-fisiológico*. Revista Electrónica De Ciencias Aplicadas Al Deporte, 6(22), 1-9.

Tschakert, G., & Hofmann, P. (2013). *High-Intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 8(6), 600–610. doi:10.1123/ijsp.8.6.600.

Tuimil, J. L. (1999). *Efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera*. Tesis doctoral Universidade da Coruña, p. 62.

Villar, C. Á. (1983). *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. Gymnos.

ANEXOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO MENOR.

Este consentimiento debe ser leído y firmado por la persona a cargo del menor (padre/madre o tutor).

A los atletas que participen en la investigación se les realizará dos test de condición física hasta la fatiga, de los que se realizan habitualmente en entrenamientos. Se medirá la frecuencia cardíaca y se pinchará la yema de los dedos para extraer una pequeña gota de sangre. Para ese procedimiento se utilizarán lancetas esterilizadas y descartables, y se tomarán todos los recaudos higiénicos pertinentes.

Los test pueden ser interrumpidos por el atleta en cualquier momento que él lo desee.

Los datos provenientes de los test, resguardando la identificación personal, podrán ser utilizados para finalidades estadísticas o científicas.

Luego de haber leído atentamente este consentimiento y de haber realizado las consultas que considere necesarias (por consultas, por favor comunicarse al 098113168 o 098341995), estoy de acuerdo en que mi hijo participe en la investigación.

FIRMA DEL PADRE, MADRE O TUTOR: _____

ACLARACIÓN: _____ C.I. _____

NOMBRE DEL ATLETA A CARGO:

1) _____ CI _____

Montevideo 12 de diciembre de 2019.

CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Por propia voluntad, estoy de acuerdo en participar de la investigación en la que se me realizarán cuatro test de condición física hasta la fatiga, de los que se realizan habitualmente en los entrenamientos. Soy consciente de que se medirá mi frecuencia cardíaca y que se me pinchará la yema de los dedos para extraer una pequeña gota de sangre. Para ese procedimiento se utilizarán lancetas esterilizadas y descartables, y se tomarán todos los recaudos higiénicos pertinentes.

Tengo en cuenta que los test pueden ser interrumpidos de mi parte en cualquier momento que lo desee.

Los datos provenientes de los test, resguardando mi identificación personal, podrán ser utilizados para finalidades estadísticas o científicas.

Luego de haber leído atentamente este consentimiento y de haber realizado las consultas que consideré necesarias, estoy de acuerdo en participar de este estudio.

FIRMA DEL ATLETA: _____

ACLARACIÓN: _____ C.I. _____

Montevideo 12 de diciembre de 2019.