

EFFECTO DEL ASCENSO SÚBITO A UNA ALTITUD MODERADA SOBRE LA PERCEPCIÓN SUBJETIVA DE ESFUERZO A DIFERENTES INTENSIDADES DE EJERCICIO

Feriche, B.*; Delgado, M.*; Álvarez, J.** y Rodríguez, P. **

* Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la
Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada.

** Servicios Médicos del Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada. Consejo
Superior de Deportes.

RESUMEN

Dieciséis sujetos varones y sanos ($VO_2\text{max}$ de $4,06 \pm 0,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), fueron sometidos a un protocolo incremental máximo en sendas condiciones de normoxia (N) y altitud aguda moderada (Alt) en días diferentes. La percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) y demás parámetros máximos y los relacionados con el umbral de lactato (UL), fueron registrados y comparados entre ambas condiciones. No se observaron diferencias significativas entre los RPEL, RPEC y RPET entre ambas condiciones ni para la máxima capacidad de trabajo ni en el UL. Tampoco se observaron cambios significativos en las potencias de trabajo, VO_2 ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$), Ve ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) y Lac ($\text{mMol}\cdot\text{l}^{-1}$) a las intensidades estudiadas. Sin embargo, aunque la Fc registrada al UL no mostró diferencias con la obtenida en Alt, sí se observó una reducción importante en la Fc a la máxima carga de trabajo alcanzada en condiciones de hipoxia (188 ± 9 vs 182 ± 7 ppm) para una $p < 0.001$. El ascenso súbito a una altitud moderada no altera la percepción subjetiva de esfuerzo en el UL ni a la máxima capacidad de trabajo. En estas condiciones, la Fc no se muestra tan buen indicador de la intensidad de ejercicio como la percepción de esfuerzo.

PALABRAS CLAVE: RPE, altitud, hipoxia, umbral láctico.

ABSTRACT

Sixteen healthy males, were submitted to a maximum incremental test in conditions of normoxia (N) and of moderate acute altitude (Alt) in two different days. Rating of perceived exertion (RPE), respiratory data, heart rate and lactate were measured during the test. The values at maximum work and at the lactate threshold (LT) were compared between both conditions. Meaningful differences between the work, RPE, VO_2 ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$), Ve ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) and Lac ($\text{mMol}\cdot\text{l}^{-1}$) were not observed at the related intensities. However, though the HR registered in N at the LT did not show differences with the HR obtained in Alt, there was an important reduction of the HR at the maximum work reached in the condition of hypoxia (188 ± 9 vs 182 ± 7 ppm, $p < 0.001$). The sudden ascent to a moderate altitude does not alter the RPE in the LT, neither at the maximum work. Under these conditions the HR seems not to be so good index of the work intensity as the RPE.

KEY WORDS: RPE, altitude, hypoxia, lactate threshold.

INTRODUCCIÓN

La percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) fue introducida por primera vez en el ámbito del entrenamiento deportivo por Borg (1961). A partir de este momento se suceden las investigaciones en este campo (Dunbar y cols, 1992; Eston y cols, 1987; Potteiger y Evans, 1995; Seip y cols, 1991) y en el de la clínica (Borg, 1970; Jakicic y cols, 1995) por la facilidad de su uso.

Con bastante frecuencia se determina el RPE en el umbral anaeróbico y es trasladado al entrenamiento deportivo. Esta aplicación se basa en la buena relación observada entre el umbral ventilatorio (UV) (Feriche y cols, 1997; Hetzler y cols, 1991; Hill y cols, 1987; Swaine y cols, 1995), umbral de lactato (UL) (Hetzler y cols, 1991; Hill y cols, 1987, Seip y cols, 1991; Steed y cols, 1994), determinadas concentraciones de lactato (Haskvitz y cols, 1992; Hetzler y cols, 1991; Steed, 1994; Ueda y Turokawa, 1995), frecuencia cardíaca (Fc) y consumo de oxígeno (VO₂) (Glass y cols, 1992; Swaine y cols, 1995; Ueda y Turokawa, 1995) y el RPE. Dicha relación se mantiene constante al reproducir un ejercicio basándonos en la percepción de esfuerzo (Eston y cols, 1987).

Numerosos estudios han mostrado como el ejercicio combinado con la exposición a un ambiente hipóxico está asociado a cambios en el comportamiento cardiorrespiratorio (Benoit y cols, 1995; Perini y cols, 1996; Savard y cols, 1995; Terrados, 1992) y equilibrio ácido-base (Bender y cols, 1989; Brooks y cols 1991; Cerretelli y cols, 1993; McLellan y cols, 1988). Para una misma carga absoluta de trabajo, se han registrado concentraciones de lactato en hipoxia súbita superiores a las observadas al nivel del mar (Bender y cols, 1989; Ibañez y cols, 1993; McLellan y cols, 1990). Por tanto, la alteración de las condiciones ambientales podría influir en la forma de percibir la sensación de esfuerzo durante el ejercicio (Shephard y cols, 1989; Shephard y cols, 1992; Young y cols, 1982). Aunque es considerado que el RPEC es el mejor indicador de la intensidad de entrenamiento, la participación muscular y la altitud puede alterar esta relación (Shephard y cols, 1992). En los escasos trabajos realizados al respecto, Shephard y cols (1989) observaron un RPE total (RPET) y RPE central (REPC) más bajos en el UV en condiciones de hipoxia (12% de O₂). Sin embargo, Maresh y cols (1993), al comparar el RPE al nivel del mar con el registrado

a 4300m de altitud observaron un RPEC más elevado en altura que asociaron a la aparición de síntomas cardiorrespiratorios propios del mal agudo de montaña.

Por lo tanto, dado que la respuesta fisiológica puede variar por el porcentaje de oxígeno existente en el aire inspirado, nuestro estudio se centra en conocer en qué medida la modificación de la presión de oxígeno ambiental por el ascenso súbito a una altitud moderada altera la percepción subjetiva de esfuerzo en el UL y a la máxima capacidad de trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Dieciséis sujetos varones y sanos, estudiantes de educación física (edad media de 22 ± 1 años; peso corporal de $75,51 \pm 4,21$ Kgr; altura $175,6 \pm 5,4$ cm y VO_{2max} de $4,06 \pm 0,7$ l.min⁻¹) participaron en este estudio voluntariamente. Previamente, fueron informados del protocolo experimental y se obtuvo su consentimiento por escrito. Todos son residentes en Granada, a 690m sobre el nivel del mar.

Los sujetos realizaron dos pruebas de esfuerzo máximas en cicloergómetro de freno electromagnético (Ergoline 900) con un protocolo incremental. Previamente al inicio de la prueba se ejecutaba un calentamiento de 5 minutos de duración a 50 vatios, y comenzaba con una carga inicial de 25 vatios con aumentos de 25 vatios cada 4 minutos hasta el agotamiento. La cadencia de pedaleo se mantuvo entre 60 y 80 rpm durante la realización de las pruebas. Se mantuvo un orden aleatorio de ejecución de los test en condiciones de normoxia (N) y altitud (Alt). Estos se llevaron a cabo en el laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Granada (690m sobre el nivel del mar) y el laboratorio de control de esfuerzo de los Servicios Médicos del Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada (2320m sobre el nivel del mar).

Extracciones de sangre y determinación del UL: Aproximadamente unos 60 minutos antes del inicio del calentamiento, era insertado un catéter en una vena anterior de brazo. La vía se mantenía permeable mediante el uso de suero heparinizado. Antes del comienzo de la prueba, 30 segundos antes de la finalización de cada escalón y al final del test, se recogían 2ml de sangre venosa de los cuales 20

ml de sangre era inmediatamente mezclados con 200 ml de ácido perclórico, centrifugados y congelado su sobrenadante para el posterior análisis de la concentración de lactato por método fotométrico (kit de Boehringer Mannheim).

El UL se calculó mediante el análisis de la concentración de lactato frente a la carga de trabajo (potencia expresada en vatios). La última carga por encima de la cual no se producía una elevación en la concentración del lactato sanguíneo sobre la línea base era la asociada al UL (Weltman y cols, 1990). El valor del lactato correspondiente a dicha línea de base se obtenía por el promedio de las concentraciones de lactato registradas durante los escalones previos al inicio de su acumulación. En el momento en el que la diferencia entre la línea de base y el lactato correspondiente a una carga de trabajo superior excedía los 0,4 mMol.l⁻¹, se consideraba la carga anterior como la del UL. La diferencia de 0,4 mMol.l⁻¹ corresponde a dos desviaciones estándar de los valores obtenidos en una muestra control.

Determinación de parámetros ergoespirométricos: Los parámetros de intercambio gaseoso fueron analizados continuamente durante la prueba mediante un CPX (Medical Graphics Corporation), y un Oxycom Sigma (Jaeggler). Ambos sistemas fueron puestos a punto antes del inicio del estudio y eran calibrados entre cada uno de los test, realizándose además los ajustes necesarios según las condiciones del aire ambiental.

Determinación de la percepción subjetiva de esfuerzo: Los valores de percepción subjetiva de esfuerzo local (RPEL), central (RPEC) y total (RPET), se obtuvieron utilizando una escala de 6 a 20 puntos descrita por Borg, (1973). Previamente a la realización de la prueba se instruyó a los sujetos sobre la forma de indicar su sensación de fatiga. Para ello, se procedió a la lectura y posterior explicación de unas instrucciones estandarizadas y traducidas al español por la Unidad de Investigación de la Escuela de Medicina del Deporte de la Universidad Complutense de Madrid (Álvarez, 1994). El valor de RPE se obtuvo a durante el tercer minuto de cada escalón, previamente a la extracción de la muestra de sangre.

Análisis estadístico: Los resultados obtenidos se expresan como media y desviación estándar (DE). El estudio comparativo se realizó mediante un análisis de la varianza para medidas repetidas (ANOVA) seguido de una t-Student para datos

MOTRICIDAD

pareados cuando la diferencia era significativa. Todo ello con un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS

Los valores máximos obtenidos durante los test incrementales en condiciones de N y Alt se reflejan en la Tabla 1. No se registraron cambios significativos entre las cargas máximas (Pmax)(243,75 ± 29,58 vs 242,18 ± 37,32 vatios), VO₂max (3,74 ± 0,49 vs 3,76 ± 0,53 l.min⁻¹), Vemax (163,42 ± 28,27 vs 160,89 ± 25,84 l.min⁻¹) y concentración de lactato máximo (Lacmax)(9,7 ± 3,23 vs 10,81 ± 2,72 mMol.l⁻¹) para N y Alt respectivamente. La exposición aguda a una altitud moderada sí mostró una reducción significativa en la Fcmax en Alt (188 ± 9 vs 182 ± 7 ppm) para una p<0.001.

Tabla 1. Potencia (P), frecuencia cardíaca (Fc), consumo de oxígeno (VO₂), ventilación (Ve) lactato (Lac) máximos obtenidos durante la realización del protocolo de trabajo en condiciones de N y Alt. n=16.

	NORMOXIA	ALTITUD
Pmax	243,75	242,18
(vatios)	± 29,58	± 37,32
Fcmax	188	182
(lpm)	± 9	± 7 ***
VO₂max	3,74	3,76
(l.min⁻¹)	± 0,49	± 0,53
Vemax	163,42	160,89
(l.min⁻¹)	± 28,27	± 25,84
Lacmax	9,70	10,81
(mMol.l⁻¹)	± 3,23	± 2,72

Diferencias significativas: *** p<0.001.

Se registraron unos valores de $18,9 \pm 1,2$ vs $18,4 \pm 1,2$ en el RPEL, $18,5 \pm 1,5$ vs $18,5 \pm 1,2$ en el RPEC y $18,5 \pm 1,4$ vs $18,6 \pm 1,3$ en el RPET para N y Alt respectivamente, sin que se observaran diferencias significativas entre ambas situaciones (Fig.1).

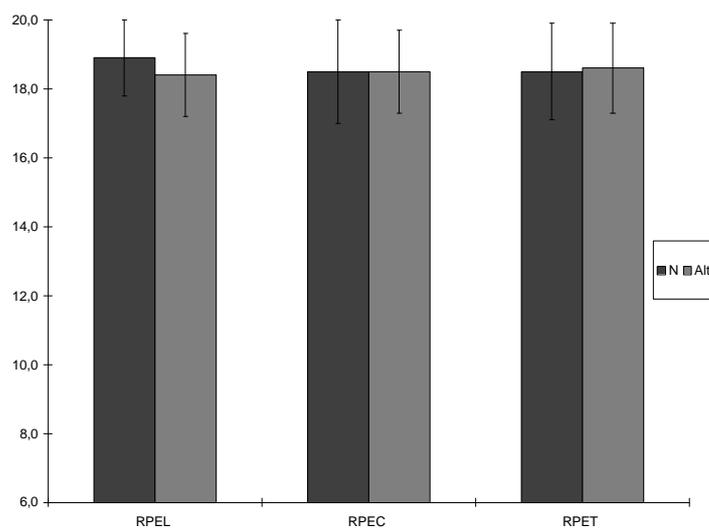


Figura 1. Percepcion subjetiva de esfuerzo registrada en sus vertientes local (RPEL), central (RPEC) y total (RPET) a la maxima carga de trabajo en condiciones de normoxia y altitud.

En la Tabla 2, se reflejan los resultados obtenidos en el UL en ambas condiciones. No se observaron cambios significativos en las cargas a las que se localizaba el UL (PU, $107,81 \pm 45,38$ vs $100 \pm 35,35$ vatios) como tampoco entre el VO_2U ($1,94 \pm 0,64$ vs $1,88 \pm 0,66$ l.min⁻¹), VeU ($55,18 \pm 19,43$ vs $51,35 \pm 14,36$ l.min⁻¹), $LacU$ ($1,28 \pm 0,36$ vs $1,23 \pm 0,23$ mMol.l⁻¹) y FcU (130 ± 18 vs 128 ± 16) entre N y Alt respectivamente.

Tabla 2. Frecuencia cardíaca (Fc), consumo de oxígeno (VO₂), ventilación (Ve) y lactato (Lac) correspondientes a la carga (P) a la que se localiza el umbral de lactato en condiciones de N y Alt. n=16.

	NORMOXIA	ALTITUD
PU	107,81	100
(vatios)	± 45,38	± 35,35
FcU	130	128
(lpm)	± 18	± 16
VO _{2u}	1,94	1,88
(l.min ⁻¹)	± 0,64	± 0,66
VeU	55,18	51,35
(l.min ⁻¹)	± 19,43	± 14,36
LacU	1,28	1,23
(mMol.l ⁻¹)	± 0,36	± 0,23

Tampoco se han registrado diferencias entre el RPEL ($9,9 \pm 2,3$ vs $9,7 \pm 2,2$), RPEC ($9,6 \pm 1,9$ vs $9,6 \pm 2,1$) y el RPET ($9,8 \pm 2,1$ vs $9,8 \pm 2$) al UL en N y Alt respectivamente (Fig.2).

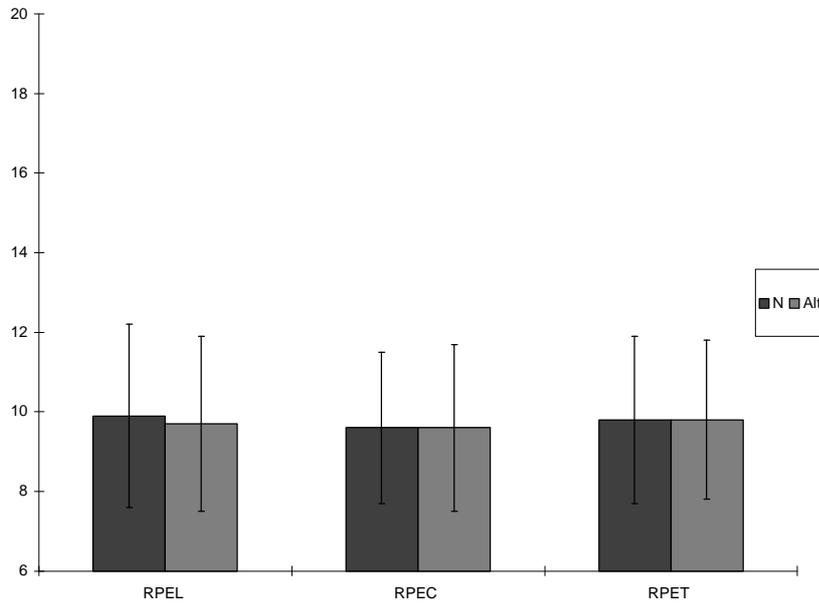


Figura.2. Percepción subjetiva de esfuerzo registrada en sus vertientes local (RPEL), central (RPEC) y total (RPET) en el umbral de lactato en condiciones de normoxia y altitud.

DISCUSIÓN

El aspecto más relevante obtenido en este trabajo es que el RPE en el UL, no se ve afectado por la exposición aguda a una altitud moderada. Sin embargo, la estrecha relación postulada en sus orígenes entre el RPE y la Fc (Borg, 1961) se ve afectada por efecto de la altura a elevadas intensidades de trabajo.

Durante el ejercicio realizado en altitud se ha observado un comportamiento similar de los parámetros ergospirométricos, lactato y RPE, tanto durante el trabajo máximo como en el submáximo, en relación a los registrados al nivel del mar. Sin embargo, hemos observado una reducción significativa en la Fcmax de trabajo tras el ascenso a la altura. Resultados obtenidos en algunas investigaciones, también muestran este descenso en la Fcmax en residentes al nivel del mar cuando se desplazan a altitudes comprendidas entre los 2300 y 5000m (Benoit y cols, 1995; Koistinen y cols, 1995; Maresh y cols, 1983;

Svedenhag y cols, 1991), mientras que otros estudios no han encontrado cambios significativos en este parámetro con el ascenso (Gutiérrez y cols, 1994; Maresh y cols, 1993; McLellan y cols, 1990; Schmidt y cols, 1991). La variabilidad individual y protocolo empleados pueden ser factores determinantes en la explicación de este fenómeno. Otros autores lo atribuyen al tiempo de permanencia en altitud hasta a la realización del ejercicio (Maresh y cols, 1983).

Los resultados obtenidos en este estudio están en general de acuerdo con estas investigaciones. En nuestro trabajo, el hecho de que el test de esfuerzo se realizara dentro de las tres horas siguientes a la llegada al CAR pudo condicionar que no hubiera tiempo suficiente como para alterar la respuesta cardiovascular a cargas submáximas. Sin embargo, es posible que sí fuera susceptible ante una situación de mayor estrés como la ejecución de elevadas cargas de trabajo (Saltin, 1996). Estos cambios en la F_{cmax} junto al comportamiento similar del RPE_{max} y del resto de los parámetros analizados, apuntan a que posiblemente la F_c no sea un buen indicador de la intensidad de ejercicio, al menos en hipoxia aguda. Aunque la relación entre la F_c y el RPE está bien establecida (Borg y cols, 1985; Glass y cols, 1992; Potteiger y Evans, 1995; Ueda y cols, 1993), en algunos estudios se han observado comportamientos fluctuantes en la relación entre ambos parámetros cuando la intensidad de ejercicio es alta (Dunbar y cols, 1992; Feriche y cols, 1997; Mahon y Ray, 1995; Stoudemire y cols, 1996). El ergómetro utilizado (Álvarez, 1994; Dunbar y cols, 1992; Thomas y cols, 1995; Zeni y cols, 1996), protocolo empleado (Dunbar y cols, 1992; Feriche y cols, 1997) o grupos musculares involucrados en el ejercicio (Borg y cols, 1987; Shephard y cols, 1989; Shephard y cols, 1992) pueden condicionar este resultado. Es posible que un incremento en la fatiga local durante el trabajo realizado en altitud provoque la parada del ejercicio en un momento en el que aún queda una buena reserva cardiopulmonar, como indicaría en nuestros resultados una F_c max reducida y una VE_{max} sin cambios cuando esta, según algunos estudios, tiende a ser superior en hipoxia aguda (Terrados y cols, 1985). Esta fatiga local acusada podría responder a la participación muscular durante un ejercicio en bicicleta (Álvarez, 1994) o a un incremento en la producción máxima de lactato, que aunque en nuestro estudio tiende a ser mayor en altitud, la diferencia no llega a ser significativa, debido quizás a las grandes desviaciones estándar registradas. Nuestros resultados, en cuanto al comportamiento del RPE, coinciden con los de Maresh y cols (1993), quienes no obtuvieron cambios significativos en el comportamiento de la percepción de esfuerzo en un grupo de sujetos sometidos a dos test

incrementales en condiciones similares a las de este estudio. Al igual que nosotros, también registraron un descenso de la F_{cmax} entre ambas condiciones.

No se han observado cambios significativos entre los parámetros asociados a la carga a la que se localiza el UL en condiciones de normoxia e hipoxia aguda. Algunos investigadores consideran que la exposición a bajas presiones de oxígeno incrementa la acumulación de metabolitos para una misma carga (Shephard y cols, 1992) pudiendo desplazar hacia la izquierda el umbral de lactato (Cerretelli, 1967; Koistinen y cols, 1995). Sin embargo, en otros estudios se ha observado una mejora en el rendimiento submáximo en altitud durante ascensos súbitos debido a una reducción en la percepción de esfuerzo (Mather y cols, 1974), mejora en la eficiencia mecánica durante el esfuerzo (Shephard y cols, 1989) o incluso una mejora en la capacidad tamponadora del músculo por efecto de la alcalosis inducida por la altura (Hauswirth y cols, 1995, Mairbaül, 1994).

Durante el ascenso a cotas más elevadas de altura, se observa una tendencia a encontrar RPEC y RPET más elevados a una misma carga absoluta de trabajo (Shephard y cols, 1992). En una revisión sobre el tema, Pandolf (1982), considera que es el RPEC más que el RPEL, es el que dicta el comportamiento del RPE en altitud. Sin embargo, Young y cols, (1982) consideraron que durante la hipoxia aguda es el incremento en la concentración de lactato o el RPEL quien determina la percepción total de esfuerzo, prevaleciendo tan sólo el componente central (RPEC) cuando la estancia en altitud es crónica. En nuestro estudio, no hemos obtenido cambios significativos en ninguno de los componentes del RPE, como tampoco en la V_e a ninguna de las cargas estudiadas. Durante el ejercicio incremental la activación de los comandos motores incrementa la propiocepción eferente desde los tejidos implicados en el ejercicio. Como resultado, se obtiene un incremento en el reclutamiento de fibras musculares y de la V_e que involucran al sistema nervioso (Robertson y cols, 1986). De esta forma, el individuo podría ser consciente de la alteración de sus mecanismos pulmonares en este punto con el cambio en el intercambio gaseoso que ocurre en y sobre el umbral (Prusaczyk y cols, 1992).

Los resultados obtenidos en este estudio no muestran cambios significativos en los parámetros ergoespirométricos ni en el RPEL, RPEC o RPET a la intensidad máxima de ejercicio o a la carga a la que se localiza el UL. El que tampoco aparezcan diferencias significativas en la V_e y el Lac durante las cargas máximas y submáximas en normoxia y altitud indica que, al igual que el RPE, ambos son buenos indicadores de la de la intensidad

de esfuerzo en hipoxia súbita moderada. Sin embargo, el empleo de la Fc no resulta tan útil puesto que varía por efecto de la altura.

Dada la ausencia de diferencias significativas entre los componentes local, central y total del RPE entre normoxia y altitud para cargas máximas y submáximas, consideramos que podría ser suficiente el uso de un modelo más abreviado de valoración de la percepción de esfuerzo (Easton y cols, 1987).

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, J. (1994). *Estudio del comportamiento de la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) en el umbral anaeróbico*. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid.
- BENDER, P.R.; GROVES, B.M.; McCULLOUGH, R.E.; McCULLOUGH, R.G.; TRAD, L.; YOUNG, A.J.; CYMERMAN, A.; REEVES, J.T. (1989). Decreased exercise muscle lactate release after high altitude acclimatization. *Journal of Applied Physiology*, 64, 1456-1462.
- BENOIT, H.; BUSSO, T.; CASTELLS, J.; DENIS, CH.; GEYSSANT, A. (1995). Influence of hypoxic ventilatory response on arterial O₂ saturation during maximal exercise in acute hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 72, 101-105.
- BORG, G. (1961). Perceived exertion in relation to physical work load and pulse rate. *Kungl Fysiografiska Sällskapet. Lund Förhandlingar*, 31, 117-125.
- BORG, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2-3, 92-98.
- BORG, G. (1973). Perceived exertion : a note on "history" and methods. *Medicine and Sciences on Sports and Exercise*, 5, 90-93 1973.
- BORG, G.; LJUNGGREN, G.; CECI, R. (1985). The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate, and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 343-349.

- BORG,G.; HASSMÉN,P.; LAGERSTRÖM,M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 679-685.
- BROOKS,G.A.; BUTTERFIELD,G.E.; WOFFE,R.R.; GROVES,B.M.; MAZZEO,R.S.; SUTTON,J.R.; WOFEL,E.E.; REEVES, J.T. (1991). Decreases reliance on lactate during exercise after acclimatization to 4300m. *Journal of Applied Physiology*, 71, 333-341.
- CERRETELLI,P.(1967). Lactacid O₂ debt in acute and chronic hypoxia. En Shephard,R.Y.; Bouhler,E.; Vandewalle,H.; Monod,H. (1989). Anaerobic threshold, muscle volume and hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 826-832.
- CERRETELLI,P.; GRASSI,B.; KAYSER,B.(1993). Anaerobic metabolism at altitude: recent developments. En *Hipoxia: Investigaciones Básicas y Clínicas*. Lima. León-Velarde and A.Aregui.
- DUNBAR,CH.; ROBERTSON,R.; BAUN,R.; BLANDIN,M.; METZ,K.; BURDETT,R.; GOSS,F(1992). The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*,24,94-99.
- EASTON,R.; DAVIE,B.; WILLIAMS,J. (1987). Use of perceived effort ratings to control exercise intensity in young healthy adults. *European Journal of Applied Physiology*, 13, 222-224.
- FERICHE,B; VAQUERO,A.F.; RUIZ,M.P.; LUCÍA,A.; CHICHARRO,J.L.(1997).Use of a fixed value of RPE during a ramp protocol: comparison with the ventilatory threshold. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. En prensa (aceptado el 2 de agosto de 1997).
- GLASS,S.C.; KNOWLTON,R.G.; BECQUE,M.D. (1992). Accuracy of RPE from graded exercise to establish exercise training intensity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 1303-1307.
- GUTIÉRREZ,A.; FERICHE,B.; MATURANA,E. (1994). Modificación del umbral anaeróbico láctico en altitud moderada (CAR de Sierra Nevada), V Congreso de FEMEDE (p.39). *Archivos de Medicina del Deporte*: Pamplona.

- HAUSSWIRTH,C.; BIGARD,A.X.; LEPERS,R.; BERTHELOT,M.; GUEZENNEC,C.Y. (1995). Sodium Citrate ingestion and muscle performance in acute hypobaric hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 71, 362-368.
- HETZLER,R.; SEIP,R.L.; BOUTCHER,S.H.; PIERCE,E.; SNEAD,D.; WELTMAN,A. (1991). Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 88-92,.
- HILL,D; CURETON,K.J; GRISHAM,S; COLLINS,M. (1987). Effect of training on the rating of perceived exertion at the ventilatory threshold. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 206-211.
- IBAÑEZ,J.; RAMA,R.; RIERA,M.; PRATS,M.; PALACIOS,L. (1993). Severe hypoxia decreases oxygen uptake relative to intensity during submaximal graded exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 67, 7-13.
- JAKICIC,J.M.; DONNELLY,J.E.; PRONK,N.P.; JAWAD,A.F.; JACOBSEN,D.J. (1995). Prescription of exercise intensity for the obese patient: the relationship between heart rate, VO₂ and perceived exertion. *International Journal of Obesity*, 19, 382-387.
- KOISTINEN,P.; TAKALA,T.; MARTIKKALA,V.; LEPPÄLUOTO,J. (1995). Aerobic fitness influences the response of maximal oxygen uptake and lactate threshold in acute hypobaric hypoxia. *International Journal of Sports Medicine*, 2, 78-81.
- MAIRBÄURL,H. (1994). Red blood cell function in hypoxia at altitude and exercise. *International Journal of Sports Exercise*, 15, 51-63.
- MAHON,A.D.; RAY,M.L. (1995). Ratings of perceived exertion at maximal exercise in children performing different graded exercise test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 38-42.
- MARESH,C.M.; NOBLE,B.J.; ROBERTSON,K.L.; SIME,W.E. (1983). Maximal exercise during hypobaric hypoxia (447 torr) in moderate altitude natives. *Medicine Sciences in Sports and Exercise*, 15, 360-365.
- MARESH,C.M.; DESCHENES,M.R.; SEIP,R.L.; AMSTRONG,L.E.; ROBERTSON,K.L.; NOBLE,B.J. (1993). Perceived exertion during hypobaric hypoxia in low- and moderate-altitude natives. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 945-951.

- MATHER, J.T.; JONES, L.G.; HARTLEY, L.H. (1974). Effects of high altitude exposure on submaximal endurance capacity of men. *Journal of Applied Physiology*, 37, 895-898.
- MCLELLAN, T.; JACOBS, I.; LEWIS, W. (1988). Acute altitude exposure and altered acid-base states. II. Effects on exercise performance and muscle and blood lactate. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 445-451.
- MCLELLAN, T.; KAVANAG, M.; JACOBS, I. (1990). The effect of hypoxia on performance during 30" or 45" of supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 60, 155-161.
- PANDOLF, K. (1982). Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 14, 397-405.
- PERINI, R.; MILESI, S.; BIANCARDI, L.; VEICSTEINAS, A. (1996). Effects of high altitude acclimatization on heart rate variability in resting humans. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 521-528.
- POTTEIGER, J.A.; EVANS, B.W. (1995). Using heart rate and ratings of perceived exertion to monitor intensity in runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 181-186.
- PRUSACZYK, W.K.; CURETON, K.J.; GRAHAM, R.E.; RAY, C.H.A. (1992). Differential effects of dietary carbohydrate on RPE at the lactate and ventilatory thresholds. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 568-.
- ROBERTSON, R.J.; FALKEK, J.E.; DRASH, A.L.; SWANK, A.M.; METZ, K.F.; SPUNGEN, S.A.; LEBOEUF, J.R. (1986). Effect of blood pH on peripheral and central signals of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18, 114-122.
- SALTIN, B. (1996). Exercise and the environment: focus on altitude. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 1-10.
- SCHMIDT, W.; ECKARDT, K.U.; HIGENDARF, A.; STRANCH, S.; BAUER, C. (1991). Effects of maximal and submaximal exercise under normoxic and hypoxic conditions on serum erythropoietin level. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 457-461.

- SEIP,R.L.; SNEAD,D.; PIERCE,E.F.; STEIN,P.; WELTMAN,A. (1991). Perceptual responses and blood lactate concentration: effect of training state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 80-87.
- SHEPHARD,R.Y.; BOUHLEL,E.; VANDEWALLE,H.; MONOD,H. (1989). Anaerobic threshold, muscle volume and hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 826-832.
- SHEPHARD,R.Y.; VANDEWALLE,H.; GIL,V.; BOUHLEL,E.; MONOD,H. (1992). Respiratory, muscular, and overall perceptions of effort: the influence of hypoxia and muscle mass. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 556-567.
- STEED,J.; GAESSER,G.A.; WELTMAN,A. (1994). Rating of perceived exertion and blood lactate concentration during submaximal running. *Medicine an Science in Sports and Exercise*, 26, 797-803.
- STOUDEMIRE,N.M.; WIDEMAN,L.; PASS,K.; MCGINNES,CH.; GAESSER,G.; WELTMAN,A. (1996). The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Medicine ans Science in Sports and Exercise*, 28, 490-495.
- SVEDENHAG,J.; SALTIN,B.; JOHANSSON,C.; KAIJSER,L. (1991). Aerobic and anaerobic exercise capacities of elite middle-distance runners after two weeks of training at moderate altitude. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 1, 205-214.
- SWAINE,I.L.; EMMETT,J.; MURTY,D.; DICKINSON,C.; DUDFIELD,M. (1995). Ratings of perceived exertion and heart rate relative to ventilatory threshold in women. *British Journal of Sports Medicine*, 29, 57-60.
- TERRADOS,N.; MIZUNO,M.; ANDERSEN,H. (1985). Efecto de altitudes moderadas (900, 1200 y 1500m sobre el nivel del mar) en el consumo máximo de oxígeno. *Apunts Medicina del Deporte*, 12, 97-101.
- TERRADOS, N. (1992). Altitude training and muscular metabolism. *International Journal of Sporst Medicine*, 13, S206-S209.

- THOMAS,T.R.; ZIOGAS,G.; SMITH,T.; ZHANG,Q.; LONDEREE,B. (1995). Physiological and perceived exertion responses to six modes of submaximal exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 66, 239-246.
- UEDA,T.; KUROKAWA,T.; KIKKAWA,K.; CHOI,TH. (1993). Contribution of differentiated ratings of perceived exertion to overall exertion in women while swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 66, 196-201.
- UEDA,T.; KUROKAWA,T. (1995). Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 385-389.
- WELTMAN,A.; SNEAD,D.; STEIN,P. (1990). Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO₂max. *International Journal of Sports Medicine*. 11, 26-32.
- YOUNG,A.J.; CYMERMAN,A.; PANDOLF,K.B. (1982). Differentiated ratings of perceived exertion are influenced by high altitude exposure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 223-228.
- ZENI,A.I.; MARTIN,D.O.; HOFFMAN,D.; PHILIP,M.D.; CLIFFORD,S. (1996). Relationships among heart rate, lactate concentration, and perceived effort for different types of rhythmic exercise in women. *Arch.of physical Medicine Rehabilitation*, 77, 237-241.