

COMUNICACIONES DE FISIOLÓGIA I

PHYSIOLOGICAL NOTICES I

7. EFECTOS DE LA DURACIÓN E INTENSIDAD DE LA RECUPERACIÓN ACTIVA DURANTE EL EJERCICIO INTERVÁLICO EN EL PH SANGUÍNEO Y LA POTENCIA MÁXIMA DE PEDALEO

Aguado Jiménez R, Mora Rodríguez R.

Universidad de Castilla-La Mancha en Toledo. Departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Propósito: El propósito del presente estudio fue determinar el efecto de la duración e intensidad de la recuperación activa durante una sesión de ejercicio interválico, en la regulación ventilatoria del equilibrio ácido-base y en la potencia de pedaleo.

Métodos: Se reclutaron 10 sujetos jóvenes diferentes en cuanto a forma física: Ciclistas (CIC) $n=5$, $VO_{2max} = 4,8 \pm 0,1$ L.min⁻¹; carga en Umbral Anaeróbico (UA)= 280 ± 5 W familiarizados con el pedaleo de alta intensidad; y Activos (ACT) $n=5$, $VO_{2max} = 4,3 \pm 0,1$ L.min⁻¹, UA= 235 ± 10 W. En 3 días distintos se realizaron 4 series de 90 segundos de pedaleo intenso (Ejercicio=E; 125% de UA) tras los que se realizó recuperación activa (R) en una ocasión de corta duración ($C_{ORTA} = 4,5$ min a 25% de UA), en otra media ($M_{EDIA} = 6$ min a 18,75% de UA) y en otra larga ($L_{ARGA} = 9$ min a 12,5% de UA). Aunque la duración el trabajo total realizado fue el mismo para todos los protocolos (ACT 169 ± 7 KJ; CIC 202 ± 4 KJ), el cociente trabajo-recuperación fue de 1-3 (C_{ORTA}); 1-4 (M_{EDIA}) y 1-6 (L_{ARGA}). Se recogieron muestras de gases espirados durante todo el protocolo y se extrajeron muestras sanguíneas capilares en los últimos 20 segundos de cada ciclo de ejercicio y de recuperación. Se midió la potencia máxima de pedaleo (PMP) antes y después de cada protocolo. Los resultados se analizaron con tratamiento estadístico pareado t de student con el ajuste de Bonferroni.

Resultados: En sujetos ACT en la última carga del protocolo (E_4) la ventilación (V_E), equivalente ventilatorio (V_E/VCO_2) y la concentración de lactato ($[La]$) fueron mayores en C_{ORTA} que en L_{ARGA} ($P<0.05$), mientras que el pH, fue menor ($P<0.05$). Estas diferencias sucedían en ambos grupos, al finalizar la recuperación (Rec4). Entre grupos al final del ejercicio y de la recuperación del protocolo C_{ORTA} el

pH de los sujetos ACT era menor que el de CIC ($p<0.05$). Además, el pH se recupera tras la última carga de ejercicio en los sujetos CIC en L_{ARGA} , M_{EDIA} y C_{ORTA} pero solamente en L_{ARGA} en los ACT. El descenso en la PMP pre-post ejercicio no fue diferente entre grupos en ningún tratamiento.

Conclusiones: A pesar de normalizar las cargas de ejercicio en porcentaje del umbral anaeróbico con objeto de modificar el equilibrio ácido-base en la misma proporción, la respuesta fue distinta en función al nivel de forma física de los sujetos. Los resultados de la última serie de ejercicio indican que un mejor nivel de forma física (CIC mejor VO_{2max} y UA) permite una recuperación del equilibrio ácido-base mas rápida (recuperación del pH en C_{ORTA}) que en personas no entrenadas. La compensación ventilatoria (hiperventilación) en ACT es insuficiente para regular el pH cuando hay poca recuperación (C_{ORTA}). A pesar de estas diferencias entre CIC y ACT el acúmulo de lactato fue similar y por lo tanto no es un buen indicador del estado ácido-base durante el ejercicio intermitente. El descenso en pH de ACT durante C_{ORTA} no es suficiente para disminuir la potencia máxima de pedaleo.

8. DIFERENCIAS HEMATOLÓGICAS ENTRE LA SANGRE CAPILAR Y LA VENOSA DURANTE EL EJERCICIO

Aguado Jiménez R, Del Coso Garrigós J, Mora Rodríguez R.

Universidad de Castilla-La Mancha en Toledo. Departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Propósito: El propósito de este estudio es investigar la validez de los parámetros sanguíneos de reposo y ejercicio en muestras obtenidas por punción en la piel del dedo (sangre capilar) en comparación a muestras extraídas por venopunción en la vena antecubital (sangre venosa).

Métodos: Se reclutaron 7 sujetos jóvenes, sanos y activos ($n=7$, edad 27 ± 3 años; $VO_{2max} = 4.8 \pm 0.1$ Lmin⁻¹), que pedalearon al 60% VO_{2max} en un ambiente caluroso ($37^\circ C$ y 35% de HR) mientras simultáneamente se extraía sangre capilar y venosa en el reposo (min 0), tras 8 minutos y tras 60 min de ejercicio. Se analizó en sangre completa el pH, el bicarbonato

($[\text{HCO}_3^-]$), las presiones de gases (PO_2 , pCO_2), la saturación de oxígeno de la sangre ($\%\text{SO}_2$) y el hematocrito ($\%\text{Hct}$) y en sangre hemolizada, la concentración de lactato ($[\text{La}]$) y de hemoglobina ($[\text{Hgb}]$). El protocolo se realizó en una ocasión sin rehidratación y en otras 2 ocasiones rehidratando el 100% de lo perdido en sudor. Los resultados se analizaron con tratamiento estadístico pareado t de student, correlación r de Pearson y análisis de concordancia de Bland-Altman.

Resultados: En el análisis conjunto de las 3 extracciones durante las 3 pruebas, la sangre capilar (arterializada) tuvo un mayor $\%\text{SO}_2$ y pO_2 , menor pCO_2 , mayor pH (menor acidez), y mayor $[\text{HCO}_3^-]$ que la sangre venosa ($p < 0.05$). Al comparar Hct en condiciones sin rehidratar, se observa que éste es mayor en sangre capilar, lo que indica una mayor hemoconcentración ($p < 0.05$). $[\text{La}]$ y $[\text{Hgb}]$ también fueron mayores en la sangre capilar. Se observa una correlación estadísticamente significativa entre sangre capilar y venosa para el $[\text{La}]$, pH, pCO_2 , $[\text{Hgb}]$, $\%\text{Hct}$, y $[\text{HCO}_3^-]$ - (0.94; 0.95; 0.64; 0.83; 0.77; 0.94; todos $p < 0.05$). Estas correlaciones se mantienen al analizar por separado las 3 pruebas, así como analizando los diferentes tiempos de obtención de muestras (min 0, min 8 y min 60).

Conclusiones: La sangre capilar tiene características de sangre arterial ($\%\text{SO}_2 = 94\%$) con un mayor contenido de O_2 y menor de CO_2 e hidrogeniones (mayor pH) que la sangre venosa. En contraste, la sangre venosa tiene una acidez mayor (menor pH). La hemoconcentración en sangre capilar (4%, mayor Hct) coincidió en magnitud con el incremento en $[\text{Hgb}]$ respecto de la sangre venosa (pero esta hemoconcentración fue insuficiente para causar el 23% de incremento en $[\text{La}]$). La sangre capilar es distinta a la venosa en todos los parámetros analizados, pero la magnitud de la diferencia se mantiene del reposo al ejercicio, o con distinto grado de

hidratación siendo pues tan sensible para observar cambios en estos parámetros como la sangre venosa. En conclusión, las muestras capilares son una alternativa válida para el estudio de parámetros hematológicos durante el ejercicio.

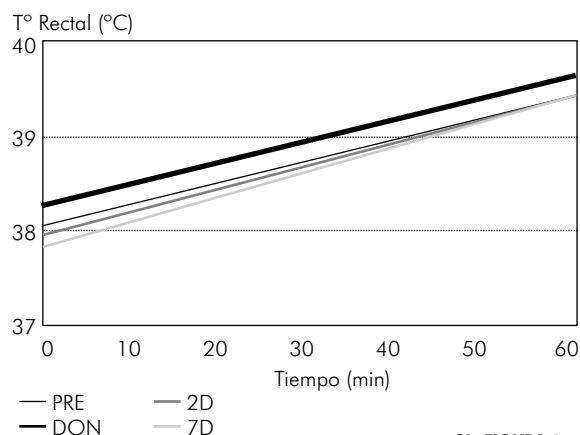
9. RESPUESTAS TERMORREGULATORAS Y CARDIOVASCULARES DURANTE EL EJERCICIO EN EL CALOR TRAS DONAR UNIDAD DE SANGRE

**Del Coso Garrigós J, Mora Rodríguez R,
Peñaloza Méndez R, Lozano Calderón R,
Aguado Jiménez R.**

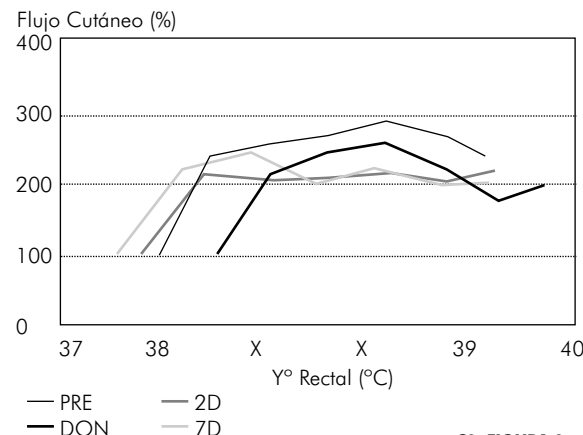
Facultad de Ciencias del Deporte y de la Actividad Física.
Universidad de Castilla-La Mancha.

Introducción: La donación de una unidad de sangre produce un descenso de aproximadamente el 10% del volumen plasmático. Se conoce que la pérdida de un volumen plasmático similar con la deshidratación produce efectos negativos en las respuestas cardiovasculares y termorreguladoras durante el ejercicio en el calor. Pero aun no ha sido estudiado si estas respuestas también se dan tras la donación de sangre ni tampoco si estos efectos desaparecen cuando el volumen plasmático se ha recuperado, unos 2-7 días tras la extracción.

Métodos: Ocho sujetos jóvenes y activos (27:17 años; 56:18 mL.Kg⁻¹min⁻¹) participaron voluntariamente en el estudio. Todos ellos fueron considerados como donantes aceptables en el Banco de Sangre del H. Virgen de la Salud de Toledo. Cada sujeto realizó 60 min de pedaleo en cicloergómetro a intensidad moderada (60%YO₂ max; 156:130W) en el calor (36:10°C / 25:1:1%HR sin ventilación) en cuatro ocasiones distintas: dos días antes de donar (PRE), dos horas después finalizar la donación (DON) y a los dos y siete días post-donación (2D; 7D). Se estandarizó la



C9. FIGURA 1.-



C9. FIGURA 2.-

dieta y ejercicio el día previo a cada prueba, y se le suministró 500 roL de agua dos horas antes del inicio del test para que los sujetos comenzaran euhidratados. En cada día fueron medidos la temperatura rectal (T reciaU, el flujo sanguíneo a la piel del antebrazo (FpieU y la frecuencia cardíaca (FC) durante toda la prueba. También el gasto cardíaco (Q), concentración de hemoglobina (Hb) Y hematocrito, y tensión arterial (T A) en el reposo y en los minutos 12 y 60 de la prueba.

Resultados: Trecla. fue superior en DON que en el resto de días tanto en el reposo como durante la prueba. F no fue diferente entre los días de prueba, pero fue menor a una temperatura rectal determinada (Figura 2). Q fue menor en DON que en PRE, pero volvió a valores iniciales en 2D. FC fue mayor en DON y 2D que en PRE o 7D. T A fue menor en DON que el resto de días. Hb reposo en PRE fue mayor a la del resto de días, teniendo el mayor descenso (8%) en 2D.

Conclusiones: La donación produce hipertermia en el reposo y durante la realización de ejercicio en el calor, pero estos efectos desaparecen tan solo dos días después de la extracción (Figura 1). Podría ser debido a que en 2D se ha recuperado parte del volumen plasmático perdido con la donación, como sugiere el 8% de descenso en Hb. La donación también aumenta la FC, pero a pesar de esto se reduce Q, debido a que el menor volumen de sangre total reduce el volumen sistólico (YS) un 14%. En 2D, Q vuelve a ser igual que PRE, pero la FC sigue siendo mayor, lo que significa que YS sigue estando reducido pero solo un 2%. Además la hemodilución sanguínea en 2D podría aumentar la FC. La magnitud del descenso de la TA es mayor que el de Q en DON, dándose por tanto menores resistencias periféricas.

La donación de una unidad de sangre tiene efectos negativos en la termorregulación y en las respuestas cardiovasculares durante el ejercicio moderado en el calor.

10. REPERCUSIONES INMUNOLÓGICAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

**Alguacil Diego IM⁰¹, Molero Sánchez A¹,
Gómez Conches M², Miangolarra Page JC².**

¹Unidad de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Medicina Física y Rehabilitación. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid. ²I.E.S. León Felipe. Madrid.

Introducción: El ejercicio físico (EF) induce cambios a nivel del Sistema Inmunológico (SI). Si bien han sido descritos todos los posibles resultados, parece existir cierto consenso en que el ejercicio regular moderado mejora la respuesta inmune (RI), mientras que la realización de una actividad física a mayor intensidad incrementaría la susceptibilidad a proce-

sos infecciosos y/o tumorales por una merma inmunológica.

Presentamos un estudio en el que se evalúa la RI tras la realización de un ejercicio a distintas intensidades.

Material y métodos: 45 sujetos sanos varones con una edad media de 20.5 a (19,3 - 23,7), se distribuyeron en tres grupos, cada uno de los cuales trabajó al 65, 70 y 75% de su capacidad aeróbica máxima (grupos 1, 2 y 3, respectivamente).

El ejercicio se llevó a cabo en cicloergómetro durante 30 min. Antes y después del ejercicio se extrajeron muestras de sangre, sobre las cuales se determinaron varios parámetros inmunológicos: citometría linfocitaria, cuantificación de la actividad fagocítica y respiratoria oxidativa leucocitaria y capacidad citotóxica de las células "natural Killer" (NK).

Resultados: Los resultados más significativos son los siguientes: la cifra de linfocitos T (LT) sufre un descenso de 4.35%, la de linfocitos B (LB) del 9.08% y la de linfocitos CD4 del 8.85%. En todos los casos estos cambios son más significativos en el grupo 3.

El número de células NK se eleva en un 31.08% (elevación a expensas de los grupos 2 y 3), incrementándose su actividad citotóxica un 43.56%.

Conclusiones:

1. El ejercicio físico realizado al 75% del VO₂max condiciona un descenso en la cifra de LT, B y CD4.
2. La cifra de células NK se ve incrementada con el ejercicio realizado a intensidades del 70 y 75% VO₂max.
3. La actividad citotóxica mejora con el ejercicio.
4. No se han encontrado variaciones significativas ni en la capacidad fagocítica ni respiratoria oxidativa leucocitaria con el ejercicio.

11. FUTURA APLICACIÓN DE LAS CÉLULAS MADRE AL CAMPO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA: BASES TEÓRICAS

**Caba O¹, Martínez Amat O², Boulaiz H¹,
Prados J¹, Marchal JA³, Padial P²,
Rodríguez-Serrano F⁴, Aránega A¹.**

¹Facultad de Medicina. Departamento de Ciencias Morfológicas. Universidad de Granada. ²Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada. ³Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad de Jaén. ⁴Facultad de Ciencias. Departamento de Biología Celular. Universidad de Granada.

Las células madre son un tipo especial de células que cumplen dos características: capacidad de autorrenovación y capacidad de dar lugar a las diversas células especializadas que forman el cuerpo humano adulto. Existen dos tipos: Células madre embrionarias y células madre adultas, cada una de las cuales

tienen sus ventajas e inconvenientes (formación teratomas, posibles rechazo, etc.).

Las células madre embrionarias se obtienen a partir blastocistos o primordios germinales y tienen un tipo de cultivo especial con capa de revestimiento. Su diferenciación se consigue con el método de los "cuerpos embrionarios" y la inducción junto con diversos factores de crecimiento.

El cultivo y la diferenciación de las células madre adultas es más heterogéneo y todavía no existe un protocolo estandarizado.

Aplicación de células madre (tanto adultas como embrionarias) en el campo de la actividad física:

- Células madre y regeneración de músculo esquelético: Se ha conseguido la diferenciación efectiva de células madre embrionarias por método cultivo "gota colgante". También existen células madre adultas (Células satélite y multipotentes).
- Células madre y regeneración de tejido miocárdico: Existen diversos estudios en fase clínica que estudian la efectividad tanto de células madre embrionarias como adultas.
- Células madre y regeneración ósea: Se está estudiando el uso de factores que induzcan diferenciación ósea en células madre embrionarias.
- Células madre y regeneración de cartílago articular: Gran promesa de células madre mesenquimales y trasplante autólogo para evitar métodos tradicionales.
- Células madre y regeneración de ligamentos: Obtención de ligamentos cruzados anterior (Altman, 2002).

El uso de células madre posee una terapia potencial inmensa pero aún quedan muchas cuestiones que resolver.

12. NIVELES DE ALFA-ACTINA EN SUERO: UN MARCADOR ÓPTIMO DE DAÑO MUSCULAR ESQUELÉTICO

Martínez Amat A¹, Boulaiz H², Prados J², Marchal JA³, Padial P¹, Caba O², Rodríguez-Serrano F⁴, Aránega A².

¹Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada. ²Facultad de Medicina. Departamento de Ciencias Morfológicas. Universidad de Granada.

³Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad de Jaén. ⁴Facultad de Ciencias. Departamento de Biología Celular. Universidad de Granada.

La práctica del ejercicio físico intenso está asociada al desarrollo de lesiones musculares. Su gravedad y evolución son variables, dependiendo de la intensidad, la duración y el tipo de ejercicio realizado. Hasta la fecha, han sido utilizadas enzimas (CK, LDH, MDA) y proteínas (troponina y mioglobina) como marcadores en suero para determinar el daño muscular esquelético. Sin embargo, todos los parámetros disponibles actualmente tienen limitaciones en cuanto a su sensibilidad, especificidad y/o tiempo de liberación, pudiendo no reflejar claramente el daño estructural del músculo. Nuestro objetivo ha sido detectar la proteína α -actina muscular esquelética en el suero de sujetos con daño muscular esquelético severo, con el fin de utilizarla como un marcador predictivo fiable, que sea capaz de detectar problemas de disfunción contráctil muscular. Hemos obtenido muestras de suero de 33 sujetos sanos (grupo control), y de 33 pacientes con daño muscular esquelético grave. El criterio de selección es presentar un valor superior a 500 UI/L de CK total, método Rosalki. Se determinaron los niveles de troponina I y T y mioglobina mediante inmunoensayo. La determinación de α -actina se realizó mediante Western blott y densitometría. La concentración media de α -actina circulante en el grupo control y en el grupo de pacientes con daño muscular esquelético fue de 600.9 y 1968.51 ng/mL respectivamente. El estudio estadístico demostró diferencias significativas entre ambos grupos. Los niveles medios de α -actina en suero en el grupo de pacientes de daño muscular fueron mayores que los encontrados para troponina y mioglobina. No habiendo encontrado diferencias significativas en los niveles de troponina I entre ambos grupos. Nuestros resultados indican que la α -actina es el marcador de daño muscular esquelético de mayor significatividad de los analizados y sugieren que puede ser un candidato ideal para la detección precoz de daño muscular esquelético en deportistas.