

# RITMO DE SUDORACIÓN COMO MEJOR INDICADOR DE ACLIMATACIÓN AL CALOR

## SWEAT RATE AS BEST INDICATOR OF HEAT ACCLIMATION

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar cual de los tres índices de aclimatación comúnmente utilizados (temperatura timpánica, ritmo de sudoración, o frecuencia cardiaca) es el más sensible y reproducible.

**Material y métodos:** Siete jóvenes estudiantes universitarios ( $28 \pm 8$  años y  $4,2 \pm 0,6$  L/min  $VO_{2max}$ ) pedalearon a una intensidad del 60% del  $VO_{2max}$  durante 60 minutos por 7 días (2 días de descanso máximo) en una cámara climática a  $34,4 \pm 0,3^\circ$  C y  $27,7 \pm 0,1\%$  de humedad relativa, con 0,2 m/s de velocidad de viento. Este proceso de aclimatación se repitió 3 veces (A1, A2 y A3) espaciadas por 3 meses para estudiar la reproducibilidad de las respuestas.

**Resultados:** Tras 3 días de aclimatación el ritmo de sudoración (RS) subió por encima del ritmo del día 1 en todas las aclimataciones ( $p < 0,05$ ) pero no alcanzó un estado estable tras 7 días. La temperatura timpánica al final del ejercicio no varió con los días de aclimatación. La frecuencia cardiaca (FC) final descendió por debajo del ritmo del día 1 a partir del día 5-6 en todas las aclimataciones ( $p < 0,05$ ) sin alcanzar un estado estable en el día 7. La reproducibilidad entre aclimataciones fue alta para el ritmo de sudoración ( $R_1 = 0,90$ ), y frecuencia cardiaca final ( $R_1 = 0,84$ ), pero sólo moderada en la temperatura timpánica final ( $R_1 = 0,71$ ).

**Conclusiones:** El ritmo de sudoración es el índice más sensible y reproducible de aclimatación y recomendamos su uso en vez de frecuencia cardiaca o temperatura timpánica. Aunque los efectos de una semana de aclimatación al calor se pierden en 3 meses (día 1 de A1, A2 y A3 son similares) las respuestas son altamente reproducibles. Por último, confirmamos datos anteriores que más de 7 días son necesarios para alcanzar la máxima adaptación en ritmo de sudoración y frecuencia cardiaca.

**Palabras clave:** Aclimatación al calor. Frecuencia cardiaca. Temperatura timpánica. Ritmo de sudoración.

### SUMMARY

**Purpose:** To determine which of three commonly used indexes to evaluate acclimation (tympanic temperature, sweat rate, or heart rate) is the most sensitive and reliable.

**Materials and methods:** Seven young University students ( $28 \pm 8$  years and  $4.2 \pm 0.6$  L/min  $VO_{2max}$ ) pedaled at 60% of  $VO_{2max}$  for 60 minutes during 7 días (maximum of 2 rest days in between) in a climatic chamber set at  $34.4 \pm 0.3^\circ$  C and  $27.7 \pm 0.1\%$  of relative humidity with 0.2 m/s of wind speed. This acclimation protocol was repeated in 3 occasions (A1, A2 y A3) separated by 3 months to study reliability.

**Results:** After 3 days of acclimation sweat rate was higher than on day 1 in all acclimation bouts ( $p < 0.05$ ) although a steady-state was not achieved at day 7. Tympanic temperature at the end of exercise was unchanged with no effect of days of acclimation. Heart rate at the end of exercise was lower than the day 1 after 5-6 days in all acclimations ( $p < 0.05$ ) without reaching a steady-state. There were a high reliability in sweat rate ( $R_1 = 0.90$ ), and heart rate ( $R_1 = 0.84$ ) but moderate for tympanic temperature ( $R_1 = 0.71$ ).

**Conclusions:** Sweat rate is the most sensitive indication of acclimation and we recommend its use over heart rate or tympanic temperature. Although the effects 1 week acclimation are lost within 3 months (day 1 of A1, A2, and A3 are similar) the responses are highly reliable. Finally, we confirm previous reports that indicate that over 7 days are needed to reach a steady-state response in sweat rate and heart rate.

**Key words:** Heat acclimation. Heart rate. Tympanic temperature. Sweat rate.

Ricardo Peñaloza

Juan Del Coso

Rubén Lozano

Roberto Aguado

Ricardo Mora

Universidad de Castilla La Mancha Toledo

### CORRESPONDENCIA:

Ricardo Peñaloza Méndez. Universidad de Castilla-La Mancha Facultad Ciencias del Deporte Campus Tecnológico Antigua Fábrica de Armas Avda. Carlos III, s/n 45071 Toledo

**Aceptado:** 30-03-2006 / Original n° 518

## INTRODUCCIÓN

Para que nuestro organismo pueda rendir durante el ejercicio en el calor<sup>1</sup> con el mínimo riesgo para la salud<sup>2</sup> es necesario adaptar nuestros sistemas de disipación de calor progresivamente para que puedan eliminar el exceso de calor corporal<sup>3</sup>. Exposiciones repetidas al calor mejoran el funcionamiento del aparato circulatorio, aumentando el transporte del calor desde los órganos productores a la piel<sup>4-6</sup> a través de un mayor flujo cutáneo<sup>7,8</sup> con un aumento concomitante en la sudoración<sup>2</sup>. El resultado final es una menor temperatura central, una menor frecuencia cardiaca, un mayor ritmo de sudoración para una carga determinada, y un incremento del volumen plasmático<sup>4,9-11</sup>. Estas adaptaciones se presentan cuando los humanos se ejercitan en un rango de 40 hasta un 90 % de la potencia aeróbica máxima ( $VO_{2máx.}$ )<sup>9,12-14</sup>.

Las respuestas fisiológicas a la aclimatación al calor se producen en un periodo breve de tiempo. Hasta el 75% de la reducción en la frecuencia cardiaca y la temperatura interna a una misma carga y duración de ejercicio se obtienen entre los 4-6 primeros días<sup>15-18</sup>. Estas reducciones vienen ligadas a una expansión del volumen plasmático que ocurren también en los primeros días de la aclimatación<sup>19-21</sup>. Es sin embargo recomendable, realizar periodos de aclimatación de al menos 9-10 días<sup>9</sup> o 14 días<sup>3,9</sup> para lograr modificaciones completas. Después de 10 días de ejercicio en el calor la capacidad de sudoración esta cercana al doble del ritmo de sudoración inicial<sup>5</sup> y su distribución es también más efectiva elevándose aun más en zonas expuestas al intercambio con el ambiente (espalda, pecho, frente)<sup>22</sup>. Según Nielsen, *et al.*,

estos cambios están atribuidos sobre todo a factores endocrinos<sup>10,23,24</sup>. En sujetos aclimatados la sudoración comienza más pronto<sup>25</sup>, mejorando así el inicio de la disipación al calor y consiguiendo que la temperatura de la piel sea inferior. Además, el sudor se diluye con la aclimatación, conservando las reservas minerales del cuerpo, es decir, que la retención de sodio principalmente, hace aumentar el volumen de plasma<sup>23</sup> y con ello un mayor volumen sanguíneo<sup>26</sup>.

El propósito de este estudio, es evaluar qué respuestas fisiológicas a la aclimatación alcanzan su estado estable (máxima adaptación) en 7 días de aclimatación (protocolo normalmente utilizado por muchos deportistas), así como observar la reproducibilidad de estos clásicos signos de adaptación (disminución de temperatura central, frecuencia cardiaca y aumento del ritmo de sudoración) al ejercicio en el calor en tres periodos de aclimatación, separados entre sí por tres meses.

## MÉTODOS

*Sujetos:* Siete hombres sanos y activos, acostumbrados al ejercicio de pedaleo fueron invitados a participar en este experimento. Los sujetos poseían unas características físicas que se adjuntan en la Tabla 1.

*Test preliminar:* Al menos tres días antes de iniciar el estudio los sujetos realizaron un test de consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx.}$ ), en un cicloergómetro (Ergoline-BP900) para poder determinar la carga individual al 60 % de su  $VO_{2máx.}$ . Se empleó un protocolo continuo con incrementos de intensidad de 25 vatios cada minuto, iniciando la progresión tras un calentamiento de 10 minutos a 125 vatios. El test de  $VO_{2máx.}$  concluyó cuando los sujetos, debido al agotamiento, disminuyen la frecuencia de pedaleo 20 rpm por debajo de la frecuencia inicial.

*Procedimiento experimental:* A la llegada al laboratorio para cada prueba de aclimatación los sujetos se pesaron en una báscula de precisión ( $\pm 100$  gramos, Mettler Toledo), desnudos y se

**TABLA 1.**  
Características  
de los sujetos  
(media  $\pm$  desviación  
estándar)

Edad (años)	28 $\pm$ 8
Peso (kg)	77 $\pm$ 8
Altura (cm)	183 $\pm$ 9
Potencia en la prueba (vatios)	156 $\pm$ 30
$VO_{2máx.}$ (L/min)	4.2 $\pm$ 0.6
$VO_{2máx.}$ (mL/kg/min)	54 $\pm$ 7
Frecuencia cardiaca máxima (lat/min)	181 $\pm$ 6

colocaron una banda de pulsómetro (Polar Sport Tester) alrededor del pecho para registrar la frecuencia cardiaca. Antes de acceder a la cámara climática, se midió la temperatura timpánica (TT) con un termómetro de infrarrojos (Thermoscan Pro 3000, Braun, Alemania). La técnica de medición consistía en la introducción del sensor del termómetro dentro del canal auditivo tal y como aconseja Tendrup *et al.*<sup>27</sup>. El sensor se introducía con dirección a la sien del lado opuesto a la cabeza<sup>28,29</sup> y con una profundidad tal que el canal quedara totalmente sellado, lo cual era corroborado por el sujeto. Esta técnica se repetía 3 veces y se anotaba la media de las dos temperaturas más próximas entre sí solo cuando la diferencia era menor de 0.3° C. Las mediciones fueron tomadas en todos los sujetos en el oído derecho, eliminando previamente el cerumen del canal auditivo (Audispray; Diepharmex, Italia). Las mediciones siempre fueron tomadas por el mismo investigador para reducir la variabilidad, ya que esta circunstancia afecta al resultado de la medida<sup>29</sup>. Entre las mediciones el termómetro permanecía en ambiente termoneutral (22° C) y dentro de la cámara se realizaban las mediciones. El sujeto comenzaba a pedalear a una carga de trabajo de 60% del  $VO_{2\text{máx}}$  (medido en el test preliminar) mientras las condiciones climáticas se mantuvieron a  $34,4 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $27,7 \pm 0,1\%$  HR, sin ventilación. Tras 10 minutos de pedaleo y al final del ejercicio (min 60) se anotaba la FC y la TT también se media en el minuto 60 utilizando el mismo procedimiento descrito. El sujeto salía de la cámara y tras secarse el sudor procedía a pesarse de nuevo. El RS se calculó a partir de la diferencia de peso durante la prueba, aplicando las correcciones por pérdida de agua por la respiración y la utilizada en el metabolismo Mitchell, *et al.*,<sup>30</sup> basándose en las mediciones realizadas en el test preliminar.

- Tasa de pérdida de agua por respiración (g/min) =  $0,019 * VO_2 * (44 - Pa)$
- Donde Pa es la presión ambiental de vapor de agua en mmHg y  $VO_2$  es el consumo de oxígeno en L/min.

- Tasa de pérdida de peso por metabolismo (intercambio de  $CO_2$  y  $O_2$ ) =  $VO_2 * (CR * dCO_2 - dO_2)$
- Donde  $VO_2$  esta expresado en L/min, CR es el cociente respiratorio ( $VCO_2/VO_2$ ),  $dCO_2$  es la densidad del dióxido de carbono (1,96 g/L) y  $dO_2$  es la densidad del oxígeno (1,43 g/L).
- Los sujetos realizaban 7 sesiones donde al menos 3 de ellas fueron consecutivas y donde hubo menos de 48 horas entre ellas. Esta semana de aclimatación se repitió en 3 ocasiones separadas por 3 meses entre cada aclimatación.

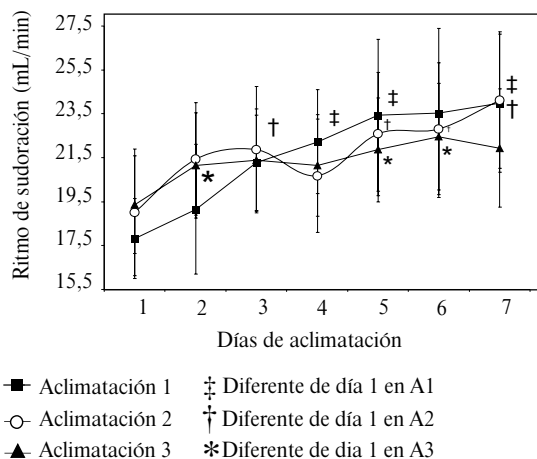
*Análisis estadístico:* Las comparaciones entre los tres periodos de aclimatación se realizaron empleando la prueba t de Student con muestras pareadas, aplicando la corrección de Bonferroni fijando nivel de significancia en  $P < 0,05$ . Además se utilizó, la reproducibilidad intraclase<sup>31</sup> para comparar la reproducibilidad de los tres periodos de aclimatación.

## RESULTADOS

*Condiciones ambientales y estado de hidratación inicial:* El peso inicial de los sujetos, la temperatura y humedad de la cámara se mantuvieron constantes sin encontrarse diferencias entre las sesiones (día 1 a día 7) o entre las aclimataciones (A1, A2 y A3). Todas las pruebas se comenzaron con un estado de hidratación similar, puesto que los pesos iniciales no fueron diferentes.

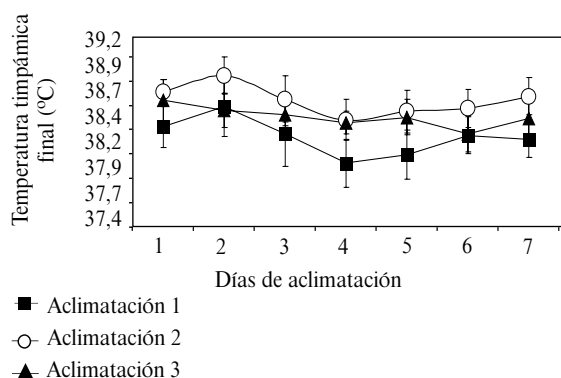
*Ritmo de Sudoración:* Tras 7 días de aclimatación el ritmo de sudoración no fue diferente en A1, A2 y A3 y correspondió a 23 mL/min (1,4 L/hora). En comparación con el primer día de aclimatación, el RS se incrementó de manera significativa tras el 2º, 3º o 4º día de aclimatación en A3, A2 y A1, respectivamente. El incremento en el RS fue de un 35% desde el día 1 al 7 en A1 de un 27% en A2 y tan solo de un 13% en A3. Estas diferencias no fueron significativa-

**FIGURA 1.** Promedio del ritmo de sudoración (mL/min) durante 60 minutos de ejercicio en el calor durante 7 días en los tres periodos de aclimatación (A1, A2 y A3). Datos son promedios ± error estándar de la media de 7 sujetos.

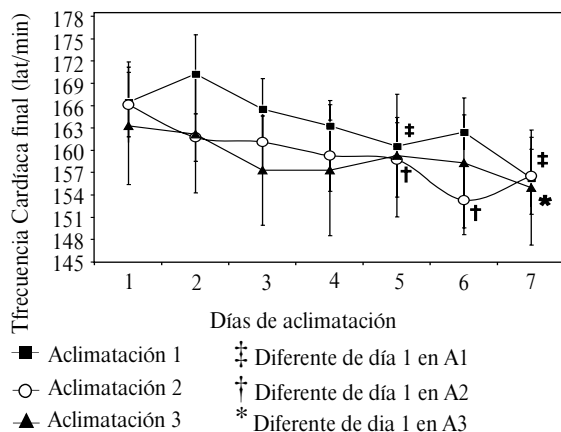


Peso corporal antes de la sesión	1,0
Ritmo de sudoración	0,9
Temperatura timpánica final	0,7
Frecuencia cardíaca final	0,8

**FIGURA 2.** Temperatura timpánica (°C) en el minuto 60 de ejercicio en el calor durante 7 días en los tres periodos de aclimatación (A1, A2 y A3). Datos son promedios ± error estándar de la media de 7 sujetos



**FIGURA 3.** Frecuencia Cardíaca (Lat/min) en el minuto 60 de ejercicio en el calor durante 7 días en los tres periodos de aclimatación (A1, A2 y A3). Datos son promedios ± error estándar de la media de 7 sujetos



mente diferentes. No se observó que el RS alcanzara un estado estable en 7 días (Figura 1). La reproducibilidad de esta respuesta en 3 aclimataciones de 7 días fue muy alta ( $R_1 = 0,9$ , Tabla 2).

**Temperatura Timpánica:** La TT al final de los 60 minutos de pedaleo no se redujo con la aclimatación. Hubo una tendencia a bajar  $0,1^{\circ}\text{C}$  desde el día 1 al 7 en la A1 y A3 pero no alcanzo significancia; Figura 2). La reproducibilidad de esta respuesta en 3 aclimataciones de 7 días fue moderada ( $R_1 = 0,7$ , Tabla 2).

**Frecuencia Cardíaca:** La FC disminuyó de manera similar en las tres aclimataciones (A1, A2, y A3). Fueron necesarios al menos 5 días para que la reducción fuese estadísticamente significativa en comparación a la FC del día 1. Como promedio la FC bajo desde 165 lat/min el día primero a 156 lat/min el día séptimo. Esta reducción representó entre un 5-6% respecto del primer día. De nuevo, no se observa un estado estable en esta respuesta en ninguna de las aclimataciones (Figura 3). El incremento de la FC desde el minuto 10 al 60 de ejercicio varió entre 32 lat/min (durante los primeros días) hasta 18 lat/min en los últimos días pero este incremento no disminuyó con el paso de las aclimataciones. La reproducibilidad de esta respuesta en 3 aclimataciones de 7 días fue alta ( $R_1 = 0,8$ , Tabla 2).

## DISCUSIÓN

Observamos que la primera variable fisiológica que responde y en una mayor magnitud a la aclimatación es el ritmo de sudoración con un aumento del 13 al 35% (dependiendo de cual de las tres aclimataciones) frente a una reducción de 5% en la frecuencia cardíaca, que solo después de 5 sesiones descendió significativamente en relación con el día 1. Además, la reproducibilidad intra-clase de las respuestas de la sudoración durante las 3 sesiones de aclimatación de una semana separadas por 3 meses es la mas alta con  $R_1 = 1,4$  (Tabla 2). Con estos datos podemos aconsejar a los entrena-

dores que utilicen el ritmo de sudoración (pesando al deportista antes y después de un entrenamiento estandarizado) como medición fiable y sensible de la aclimatación al calor de sus deportistas.

La frecuencia cardiaca disminuye quizás como consecuencia de una expansión del volumen sanguíneo debido a un influjo de proteínas al compartimiento vascular y la retención de sodio inducida por la aldosterona<sup>19</sup>. La expansión completa del volumen plasmático se produce 3 a 6 días<sup>6</sup> y coincide con la disminución de la frecuencia cardiaca hasta alcanzar el estado estable para este estudio. No tenemos mediciones de analítica sanguínea que confirmen que la disminución en la frecuencia cardiaca estaba originada por la expansión del volumen sanguíneo pero parece la explicación más probable basándose en la literatura existente.

En este estudio se buscaba confirmar las respuestas clásicas de descenso en la temperatura interna a través de termometría de la membrana timpánica por infrarrojos, como en el estudio de Hue, *et al.*<sup>32</sup>. Es probable que el estrés de calor ambiental, imposibilitara la disipación por convección (0,2 m/s) y los sujetos también hubiesen mejorado los mecanismos de disipación de calor por evaporación (sudor más eficientemente distribuido, flujo cutáneo más alto) pero esto no se haya reflejado en una temperatura timpánica menor.

Las respuestas a 7 días de aclimatación son muy reproducibles en las tres aclimataciones. Esta alta reproducibilidad sucede a pesar de que los sujetos fueron testados en 3 diferentes meses del año y otros autores han indicado que pudiesen existir diferencias en el ritmo de sudoración con las estaciones del año<sup>33</sup>.

Nosotros no observamos esto puesto que las diferencias climáticas entre cada uno de los periodos no fueron grandes, ni los sujetos realizaron mucha actividad física en el exterior.

Por último, las reducciones en la frecuencia cardiaca, así como el incremento del ritmo de sudoración, no alcanzan un estado estable tras 7 días de aclimatación. Nuestros resultados coinciden con las publicaciones que indican que son necesarios entre 8 a 14 días para conseguir la máxima funcionalidad de los mecanismos de disipación de calor (sudoración y flujo cutáneo;<sup>8,10</sup>. Pandolf, *et al.* (1977)<sup>34</sup> señalan que sujetos que entrenan a diario y tienen una gran capacidad aeróbica ( $VO_{2m\acute{a}x}$  de 65 ml/kg/min) pueden alcanzar valores estables de frecuencia cardiaca y temperatura rectal en sólo 4 días, en contraste con sujetos con  $VO_{2m\acute{a}x}$  de 40 y 50 ml/kg/min que requerían 8 y 6 días respectivamente. Según esta publicación nuestros sujetos no podrían haber alcanzado el estado estable en estas respuestas tras 6 días puesto que su  $VO_{2m\acute{a}x}$  es de  $54 \pm 7$  mL/kg/min. Es posible que los valores medidos el día 7 fuesen ya estables pero no podemos asegurarlo puesto que no realizamos un octavo día de aclimatación.

En resumen, la variable más sensible para medir el grado de aclimatación es el ritmo de sudoración. Además, este es el índice de aclimatación más reproducible y sencillo de medir (peso pre - peso post tras un entrenamiento estandarizado). Como ya habían indicado otros estudios 7 días de aclimatación activa al calor en sujetos moderadamente entrenados no son suficientes para alcanzar la máxima adaptación en frecuencia cardiaca, temperatura timpánica y sudoración.

**B I B L I O G R A F Í A**

1. Nadel E, Pandolf KB, Roberts MF, Stolwijk AJ. Mechanisms of thermal acclimation exercise and heat. *J Appl Physiol* 1974;37(4):515-20.
2. Armstrong LE. Heat acclimatization, En Fahey TD(Editor). *Encyclopedia of Sports Medicine and Science*. Internet Society for Sport Science (consultado 1004/1998). Disponible en <http://sportsci.org>.
3. Wilmore J, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo, 1998;255.
4. Fox E. Preguntas que se plantean con frecuencia respecto del rendimiento y de la fisiología del deporte En: Fox E. *Fisiología del deporte*. Buenos Aires: Panamericana, 1992;298.
5. McArdle W, Katch FL, Katch VL. Factors that modify heat tolerance, En: McArdle W, Katch FL, Katch VL. *Exercise physiology. Energy, nutrition, and human performance*. Philadelphia: Third, Editor, 1991;564-5.
6. Regan J, Mcfarlane DJ, North NA. An evaluation of the role of skin temperature during heat adaptation. *Acta Physiol Scand* 1996;158(4):365-75.
7. Yamazaki F, Hamasaki K. Heat acclimation increases skin vasodilation and sweating but not cardiac baroreflex responses in heat-stressed humans. *J Appl Physiol* 2003;95:1567-74.
8. Roberts M, Wenger CB, Stolwijk JA, Nadel ER. Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation. *J Appl Physiol* 1977;43(1):133-7.
9. Armstrong L, Maresh CM. The induction and decay of heat acclimatisation in trained athletes. *Sports Medicine* 1991;12(5):302-12.
10. Nielsen B, Strange S, Christensen NJ, Warberg J, Saltin B. Acute and adaptive responses in humans to exercise in a warm, humid environment. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology* 1997;434(1):49-56.
11. Frank A, Belokopytov M, Moran D, Shapiro Y, Epstein Y. Changes in heart rate variability following acclimation to heat. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 2001;12(1):19-32.
12. Houmard J, Costill DL, Davis JA, Mitchell JB, Pascoe DD, Robergs RA. The influence of exercise intensity on heat acclimation in trained subjects. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22(5):615-20.
13. Barnett A, Maughan RJ. Response of unacclimatized males to repeated weekly bouts of exercise in the heat. *Br J Sports Med* 1993;27(1):39-44.
14. Sawka M, Young AJ, Cadarette BS, Levine L, Pandolf KB. Influence of heat stress and acclimation on maximal aerobic power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1985;53(4):294-8.
15. Cheung S, McLellan TM. Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *J Appl Physiol* 1998;84(5):1731-39.
16. Shapiro Y, Moran D, Epstein Y. Acclimatization strategies-preparing for exercise in the heat. *Int J Sports Med* 1998;19 Suppl 2:161-3.
17. Ransom P, Payne WR. *The effect heat acclimation on exercise performance in a temperate environment*. Conference of Science and Medicine in Sport. Perth, Australian 2001:91.
18. Pandolf K, Burse, RL, Goldman RE. Time course of heat acclimation and its decay. *Int J Sports Med* 1998;19 Suppl 2:157-60.
19. Senay L, Mitchell D, Wyndham C. Acclimatization in hot, humid environment: body fluid adjustments. *J Appl Physiol* 1976;40(5):786-96.
20. Petterson M, Stocks J, Taylor N. Sustained and generalized extracellular fluid expansion following heat acclimation. *J Physiol(Lond)* 2004;559:327-34.
21. Shapiro Y, Hubbard RW, Kumbrough CM, Pandolf KB. Physiological and hematological responses to summer and winter dry-heat acclimatization. *J Appl Physiol* 1981;50:792-8.
22. Cotter J, Patterson MJ, Taylor NA. Sweat distribution before and after repeated heat exposure. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;76(2):181-6.
23. Nielsen B. Heat acclimation- mechanisms of adaptation to exercise in the heat. *Int J Sports Med* 1998;19:154-6.
24. Nielsen B, Hales JR, Strange S, Christensen NJ, Warberg J, Saltin B. Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *J Physiol* 1993;60:467-85.
25. Van Rensburg J, Kielblock AJ, Schutte PC. Heat acclimatization as a method of improving sporting prowess. *South African Journal for Research in Sport Physical Education and Recreation* 1984;7(2):17-30.
26. Armstrong L, Costill DL, Fink WJ. Changes in body water and electrolytes during heat acclimation: effects of dietary sodium. *Aviat Space Environ Med* 1987;58(2):143-8.

27. **Terndrup TE, C Mortelliti AJ, Kelley R, Rajik J.** Estimation of contact tympanic membrane temperature with a noncontact infrared thermometer. *Ann Emerg Med* 1997;30:171-5.
28. **Romano MJ, Austrey FE, Harris S, Heyroth T, Parmeter P, Stein F.** Infrared tympanic thermometry in the pediatric intensive care unit. *Critical Care Medicine* 1993;21(8):1181-5.
29. **Smith DL FP.** Reliability of infra-red tympanic thermometry (ITT). *Aviat Space Environ Med* 1996;67(3):272-4.
30. **Mitchell JW, NE, Stolwijk JA.** Respiratory weight losses during exercise. *J Appl Physiol* 1972;32(4):474-6.
31. **William JV.** *Statistics in kinesiology.* Champaign: Human kinetics 1999;151-5.
32. **Hue O, Voltaire B, Galy O, Costes O, Callis A, Hertogh C, Blanc S.** Effects of 8 days acclimation on biological and performance response in a tropical climate. *J Sports Med Fitness* 2004;44(1):30-7.
33. **Keatisuwan W, Ohnaka T, Tochiara Y.** Physiological responses of women during exercise under dry-heat condition in winter and summer. *Applied Human Science Journal of physiological Anthropology* 1996;15(4):169-76.
34. **Pandolf KB, Burse RL, Goldman RF.** Role of physical fitness in heat acclimatisation, decay and reinduction. *Ergonomics* 1977;20(4):399-08.