

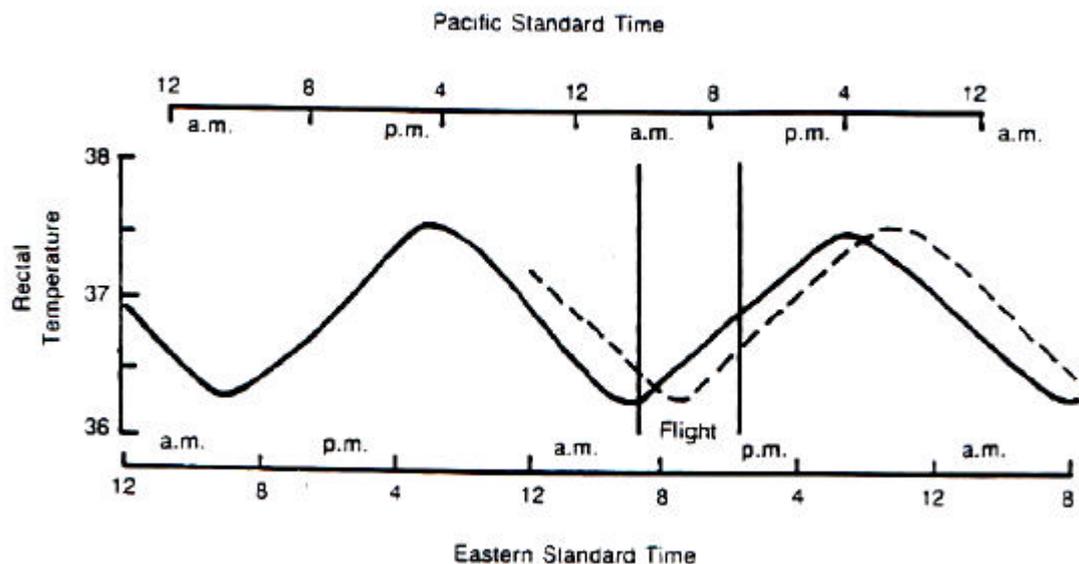


## EJERCICIO Y CAMBIO HORARIO.

### 1. INTRODUCCIÓN.

Viajar a través de varios husos horarios, lleva a una alteración de los ritmos circadianos del organismo (ver Figuras 1 y 2). Estos ritmos están relacionados con la regulación de la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la producción de hormonas y la excreción de electrolitos.

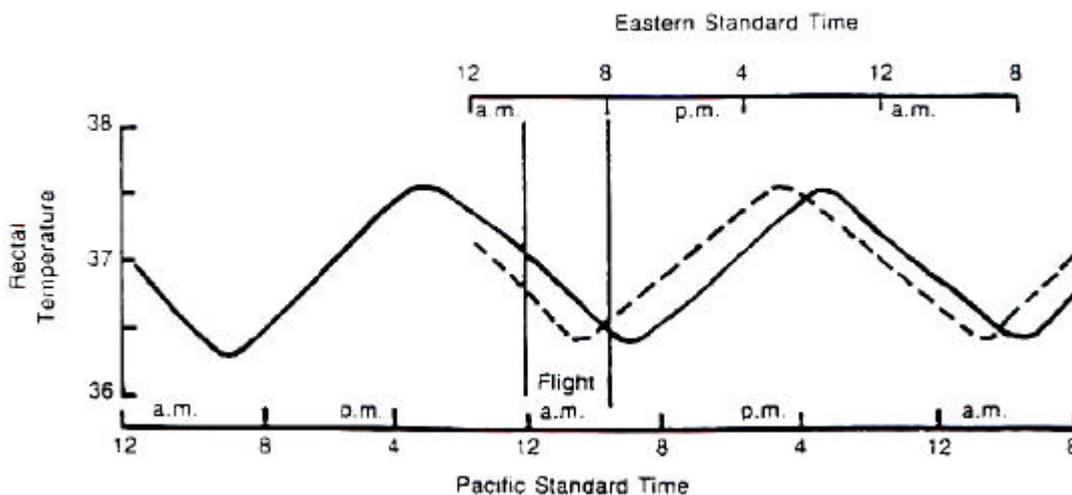
Estos ritmos se instauran y se modifican en el organismo por diferentes estímulos (llamados "Zeitgebers"), entre los que se encuentran; la presencia o ausencia de luz, el horario de comidas, la actividad física, el reloj, el horario de sueño.



**Figura 1.** Esta figura ilustra el desfase en los ritmos circadianos en un viaje hacia el Oeste. (Tomado de Haymes y Wells, 1986)

El viaje rápido a través de varios husos horarios lleva a una desincronización de los ritmos circadianos (llamada a veces jet lag). Este desajuste afecta al rendimiento, tanto en fuerza como en resistencia, y en los deportes de equipo (Wright y col, 1983), (no está

claro si esta disminución del rendimiento es sólo por la privación de sueño), dando incluso síntomas como cansancio, dolores de cabeza, pérdida de apetito, insomnio y debilidad general. En las primeras 24 horas de un cambio de 6 husos horarios, Graeber (1980) encontró de un 10 a 15% de disminución de rendimiento en tests cognitivos y vuelta a datos normales en el tercer día.



**Figura 2.** Esta figura ilustra el desfase en los ritmos circadianos en un viaje hacia el Este. (Tomado de Haymes y Wells, 1986)

El reajuste de los ritmos circadianos al nuevo horario parece que es más rápido en los viajes hacia el Oeste (90 min por día) que en los viajes hacia el Este (60 min por día). Klein y Wegmann (1980). Con lo que según estos autores en un viaje a USA (cambio de 6 horas hacia el Oeste ) la readaptación se podría hacer en 4 días.

## **2. RITMOS CIRCADIANOS Y EJERCICIO FÍSICO.**

### **Anexo elaborado por Dr. Ramon Olivé Vilás**

La mundialización, es un fenómeno que afecta a todos los ámbitos del mundo actual y entre ellos al deporte, ello favorece los viajes intercontinentales en medios de transporte cada vez más veloces que hace que los deportistas crucen zonas horarias tanto en dirección hacia el este como al oeste, lo que provoca desajustes en su reloj biológico y ello tiene una serie de repercusiones fisiológicas.

El objetivo de este trabajo es en primer lugar definir que son los ritmos circadianos y que influencia tienen en el rendimiento deportivo, en segundo lugar ver como se afectan, en función de los cambios debidos a los viajes intercontinentales, en los que se producen cambios de zonas horarias (jet Lag) y que repercusión tienen en el rendimiento deportivo, y por último indicar las medios actuales para prevenir su aparición y en su defecto minimizar al máximo sus síntomas.

La ciencia que estudia la estructuración de los ciclos biológicos y sus manifestaciones sobre la vida es la Cronobiología, no es un ciencia nueva, ya Claude Bernard (fisiólogo francés) en la mitad del siglo XIX comunico los primeros trabajos sobre lo que el denominó “medio interno del cuerpo (*“milieu interieur”*),” que podría ser considerado como constante y resistente a los cambios. Posteriormente en el siglo XX las teorías de C. Bernard fueron precisadas por Walter Cannon (1939) introduciendo el termino de homeostasis.

La gran diferencia entre las teorías de C. Bernard y W. Cannon, esta en que este último tuvo la clarividencia de considerar que la homeostasis no era una constante sino que variaba dentro de unos límites. Actualmente sabemos que la variación rítmica es la regla en lugar de la excepción, en los seres vivos.

Para entendernos definimos como ritmo biológico a la sucesión de eventos que en un estado estable se repiten en un mismo tiempo, orden e intervalo. En el cuerpo humano se suceden una serie de ritmos que llamamos endógenos que tienen una periodicidad variable. A los que tiene un periodo comprendido entre 20-28h les denominamos como *circadianos* (se acercan al final del día), los ritmos menores de 20 horas se denominan *infradianos*, mientras que los mayores de 28 horas se denominan *ultradianos*.

El fenómeno que denominamos como *Jet-lag* no es más que una desincronización entre estos ritmos endógenos del individuo y los ritmos exógenos del entorno (medio ambiente donde se encuentra el sujeto) como puede ser el ritmo luz/oscuridad. Ello ocasiona una serie de alteraciones, básicamente en el sueño (60-70%), dificulta la concentración, irritabilidad, fatiga, desorientación en tiempo-espacio-distancia, mareos, pérdida de apetito y trastornos gastrointestinales que pueden afectar el rendimiento del deportista. Esta desincronización durara hasta que los ritmos internos se sincronicen nuevamente con el entorno.

Los parámetros fisiológicos dentro de un ritmo circadiano son influenciados por los cambios en la conducta humana y del entorno en que se desenvuelve el deportista, un ejemplo lo tenemos en el comportamiento de la sociedad humana que tiene su máximo periodo de actividad durante el día, cuando hay mayor temperatura y luz.

Estos factores exógenos son capaces de interrelacionarse con los ritmos fisiológicos y modularlos pero no son capaces de condicionarlos completamente, sino que son factores endógenos coloquialmente llamados “*reloj biológico*” que si lo determinarían, por ello los ritmos se mantiene durante algunos días cuando el individuo es sometido a cámaras de aislamiento o despierto durante varios días. También se mantienen en la fase inicial de los cambios de zonas horarias o en los individuos que empiezan a trabajar por la

noche, y son necesarios varios días para que se produzca la completa adaptación del individuo al nuevo entorno.

El reloj endógeno del hombre se localiza a nivel del núcleo supraquiasmático del hipotálamo anterior (SNC) cerca de quiasma óptico. Su periodicidad sería superior a las 24 h sino fuera porque hay un ajuste constante que se realiza merced a los *Zeitgebers* ("moduladores de tiempo") siendo el ritmo resultante directa o indirectamente modulado por los factores ambientales.

En algunos mamíferos los ciclos, luz/oscuridad, disponibilidad/no disponibilidad de comida, actividades /inactividad e influencias sociales solos o combinados, serían capaces de modular el reloj biológico.

En los humanos no son plenamente conocidos los ciclos que le afectan pero si se sabe que el ciclo luz /oscuridad es indudablemente importante y esta presente en todos los demás *Zeitgebers* así como las hábitos sociales.

Parece que la luz actúa como un *Zeitgebers* a través de la estimulación del eje retinohipotalámico influenciando directamente en el SCN y especialmente sobre la glándula pineal inhibiendo la producción de melatonina. Como vemos los ritmos no están impuestos por el entorno pero si puede estar ajustados, es la llamada sincronización exógena (luz/oscuridad). La aparición de la luz artificial modificó la importancia del ciclo luz/oscuridad.

La secreción endógena de Melatonina presenta un ritmo circadiano decreciente, presentando su pico máximo aproximadamente a las 21 h y decayendo hasta las 8 h. La melatonina es un *Zeitgebers interior* con unos efectos parecidos a la luz pero invertidos, así la ingestión de Melatonina por la tarde tiende a adelantar el reloj interno, y la ingestión por la mañana temprano tiende a retrasarlo.

La luz luminosa tiende a frenar la secreción de melatonina, así la exposición a una luz brillante por la mañana temprano, justo antes de la temperatura mínima corporal, adelanta el reloj interior de forma directa pero además tiene un efecto indirecto que es a través de la supresión de la secreción de melatonina y así previene el efecto retraso de fase que la melatonina ejercería en ese momento.

La secreción de melatonina se ve influenciada por el ejercicio. Se discute si es estimulada o inhibida, pero esta influencia tanto en un sentido como en otro apoya la teoría de que el ejercicio es un buen *Zeitgebers del reloj interno*. Estudios con hámsters parecen indicar que ejercer un efecto regulador, aunque el porque del ajuste es discutido ya se sabe si es por el propio ejercicio en si o por un efecto excitador del SNC.

Otros posibles **Zeitgebers** podrían ser la ingesta de determinados grupos de alimentos. La ingestión de altas dosis de proteínas por la mañana incrementaría la concentración de tirosina y esta promovería la síntesis y la descarga de norepinefrina (neurotransmisor) y de dopamina que activarían el SNC. Por el contrario las comidas con una alta concentración de hidratos de carbono promoverían el incremento de triptófano en

plasma y con ello la síntesis y descarga de serotonina. Este último neurotransmisor tiene un papel destacado en la regulación del sueño y es un precursor de la melatonina.

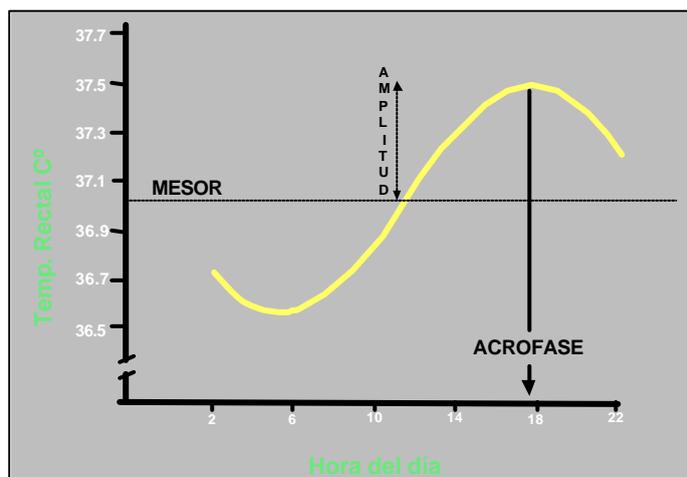
Solo hay pequeñas evidencias que corroboren estas hipótesis de los alimentos. Una de ella fue realizada en un grupo de militares en un viaje hacia el este con un decalaje horario de 8 horas y que mostró una mejora en los trastornos del sueño y en las tareas mentales. Por el contrario los experimentos en roedores no parecen demostrar que los niveles altos en plasma de tirosina o triptófano están directamente relacionados con un aumento del nivel de los respectivos neurotransmisores.

Otro punto que me gustaría aclarar es la división que hace la Cronobiología de la población que la divide en tres grandes grupos de personalidad horaria (**Cronotipo**) (Horne et cols. 1977) : a) *madrugadores*, se levanta y acuestan temprano (en la literatura anglosajona se les denomina “alondras”); b) *noctámbulos* que se acuestan y levantan tarde (en la literatura anglosajona se les denomina “búhos) y c) los *indiferentes*. Entre los dos primeros existe un diferencia de aproximadamente 65 minutos en la presentación del pico del ritmo de temperatura del cuerpo. Los madrugadores segregan una mayor cantidad de adrenalina por mañana que los noctámbulos. Además, la frecuencia, modo y ritmo de actividad difieren en varias horas entre ambos grupos.

Los atletas de más de 50 años tienden a ser más madrugadores que los atletas jóvenes. Esto es importante a la hora de diseñar los programas de entrenamiento y las cargas de trabajo. Los ritmos circadianos tienen una amplitud mayor en los individuos entrenados que en los sedentarios.

## RITMOS CIRCADIANOS DE LOS HUMANOS

### 1. TEMPERATURA DEL CUERPO HUMANO



Ritmo circadiano de la temperatura rectal con los términos utilizados para describir los ritmos biológicos (Reilly 1995)

La temperatura del cuerpo aumenta antes del despertar y alcanza el máximo a las 18 h, para ir descendiendo hasta las 4 horas de la madrugada punto máxima inflexión. Las variaciones oscilan en los adultos jóvenes de entre 0,5-0,4 °. (Figura 1)

Ello es debido a los mecanismos de pérdida de calor y mediatizados por los picos de noradrenalina.

Las influencias exógenas

mayores sobre la temperatura son el sueño y el ejercicio. El pico de adrenalina se produciría sobre las 12 h. y con ello se produciría una falta de disipación de la temperatura y en consecuencia se produciría un aumento del calor interno.

## 2. FRECUENCIA CARDIACA, PRESIÓN ARTERIAL Y FRECUENCIA VENTILATORIA.

La frecuencia cardíaca oscila durante el día con un máximo a las 15 h. El rango de variación se situaría entre el 5-15%. Lo mismo ocurre con otros parámetros de la función cardíaca como son: el volumen de eyección, el trabajo cardíaco, la presión arterial y el flujo sanguíneo. La fracción de eyección y la presión arterial están influenciadas por factores externos como son la postura, el sueño, la dieta y la actividad física.

Esta demostrado que la presión arterial tiene una regulación neuroendocrina acoplada al sueño o al marcapasos endógeno ritmo circadiano (generalmente predominante). Se produce una caída de la presión arterial después de la comida del mediodía seguida por un pico a la tarde (Zulch and Hossman 1967), y este fenómeno es más evidente en los pacientes que hacen la siesta y en aquellos en los que la caída de presión postprandial es mayor (viejos).

Dos indicadores de la resistencia de las vías aéreas como son el volumen expiratorio forzado y el flujo expiratorio máximo, varían a lo largo del día y alcanzan su mínimo entre las 3-8h. Este ritmo puede verse ampliado en los asmáticos (crisis por las noches a primeras horas de la mañana), por ello se recomienda que los deportistas asmáticos no se expongan a grandes intensidades de trabajo por las mañanas a horas tempranas. (Smolesnsky et cols 1986)

## 3. FUNCIÓN GÁSTRICA Y URINARIA

Los ritmos circadianos están asociados a la función gastrointestinal tanto en la secreción ácida como enzimática así, la velocidad de vaciado gástrico de la comida es un 50% mayor en la comida de la mañana (8h) que la de la tarde (20h). Pero no se conoce si el vaciado de bebidas isotónicas es mayor por la mañana que por la tarde durante el ejercicio.

La función urinaria presenta un pico de eliminación de electrólitos por la tarde (16 h) [excepto para los cloratos, 17-cetosteroides, fosfatos] y el pH urinario es menor durante el sueño y más alto por la mañana alcanzando el máximo pH=8 por la tarde. (Robertson at cols 1977)

## 4. RITMO DEL ESTADO DE HUMOR SUBJETIVO Y SECRECIÓN HORMONAL

Tanto el cortisol como la hormona del crecimiento presentan picos por la noche durante el sueño. Tanto una como otra se ven influenciadas por la calidad del sueño y éste a su vez por el ejercicio físico. Los picos en los niveles de catecolaminas aparecen por la tarde temprano (12 h). Variaciones de este ritmo pueden observarse con cambios en el nivel de excitabilidad del individuo.

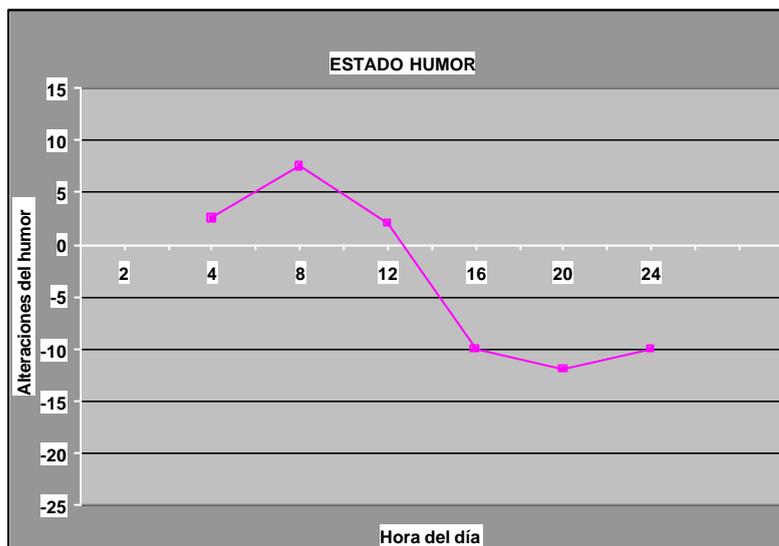


Figura 2. Ritmo circadiano del estado de humor subjetivo del individuo medido mediante el test de POMS (Atkinson G 1994)

Los estudios realizados parecen demostrar que el estado de vigilia y el estado de buen humor se producen al despertarse. Este estado de buen humor y de excitación es importante para el rendimiento deportivo, para la predisposición al trabajo físico, el trabajo de grupo y la cohesión del mismo. (Atkinson 1994,

Atkinson 1993)

## 5. RITMOS METABOLICOS

El ritmo de la glucosa se ve muy influenciado por diversos factores metabólicos pero a pesar de ello muestra una ritmicidad de una amplitud muy baja (Mejean et al1992) y solo se ve interrumpida por los tres picos postprandiales diurnos y un cuarto al final del sueño (Swoyer et cols 1984).

Los niveles de Ac. grasos libres son más altos durante la noche que durante el día .

El consumo de  $VO_2$  en reposo presenta una ritmicidad que cae al mínimo a las 4h de la mañana y es el resultado y no la causa de la caída de la temperatura corporal (Minors and Waterhouse, 1981). Ello no parece del todo aceptable dado que los cambios en la temperatura central solo explican el 37% de los cambios observados en la  $VO_2$  (Reilly et cols 1990). Tampoco los cambios en la  $VO_2$  son atribuibles a los cambio de las hormonas tiroideas, También influyen sobre el ritmo de  $VO_2$  los niveles de catecolaminas.

## RITMO CIRCADIANO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

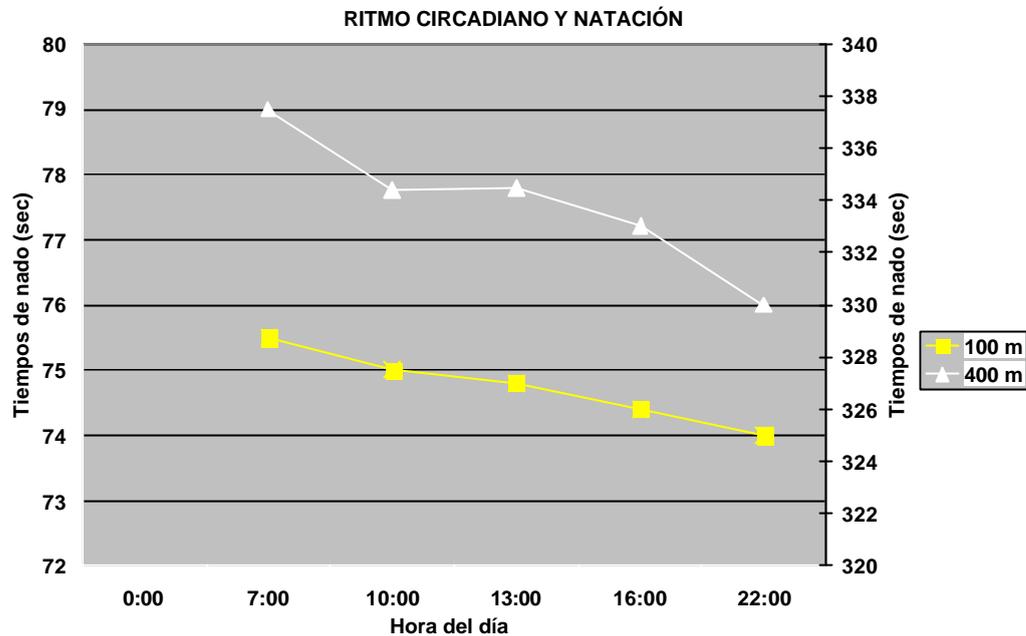


Figura 3. Variaciones en las marcas en natación (distancia de 100 y 400 mts) en función de la hora del día (Reilly 1990)

La mayoría de récords deportivos han sido batidos a primera hora de la tarde cuando la temperatura corporal alcanza su máximo. Todos los récords de medio fondo han sido batidos entre las 19-23 horas.

Las mejores marcas de los jóvenes atletas en los 16 km. se realizan en las primeras horas de la tarde y por la noche. Lo mismo se observa en los lanzadores de peso. (Atkinson et cols 1994)

Pero hay que tener presente una serie de variaciones medio ambientales (velocidad del viento, temperatura ...) difíciles de controlar que dificultan la estandarización del ensayo y el poder asegurar taxativamente estas evidencias. Si analizamos deportes donde podemos estandarizar mejor estas variables externas, como la natación también observamos que las mejores marcas en 100 y 400 mts se han conseguido en las primeras horas de la tarde. (Reilly 1990)

## RENDIMIENTO PSICOMOTOR Y HABILIDADES MOTORAS

El Tiempo de reacción, ante un estímulo sonoro o visual, es un componente importante en las carreras de corta distancia. Se ha objetivado picos por la tarde coincidiendo con la máxima temperatura corporal. Ello se explicaría porque por cada grado que aumenta la temperatura corporal se produce un aumento de 2,4 milisec en la velocidad de conducción nerviosa (Winget et cols 1985).

Existe una relación inversa entre velocidad y la exactitud de ejecución, por ello deportes que no precisen de la velocidad y si de la precisión se verían dificultados más a primeras horas de la tarde (golf, dardos, tiro .....).

Los ejercicios donde el equilibrio es un factor importante como es el plato inestable (“wobble board”) y barra de equilibrios, el mejor rendimiento se consigue por la mañana probablemente porque los niveles de excitación son menores que por la tarde (Atkinson 1994).

La memoria reciente y el cálculo mental consiguen mejores resultados por la mañana temprano que por la tarde. Los aspectos cognitivos complejos se verían dificultados tras el almuerzo “dip” (“modorra”) (Reilly 1990). Este fenómeno describe el declive transitorio de la vigilia y del estado de forma que se produce a primeras horas de la tarde, y ocurre sin un descenso de la temperatura y aunque no hayamos ingerido comida durante el almuerzo.

Por ello creemos que en este periodo de tiempo se deberían evitar los entrenamientos de habilidades complejas o la explicación de tácticas de juego.

## FLEXIBILIDAD ARTICULAR Y RIGIDEZ

La flexibilidad articular (rango de movimiento) tiene una marcada ritmicidad. Los trabajos realizados sobre la flexión y extensión lumbar, art. glenohumeral, rotación de tronco así lo demuestran, viéndose variaciones que alcanzan hasta un 20% (de mejor a peor rango). Las máximas variaciones se obtienen entre las 12-24 h que es donde existe un mayor rango de movimiento (Gifford 1987).

En el caso de la rigidez (resistencia al movimiento) muestra niveles bajos a primeras horas de la tarde, es decir, que la mayor rigidez se alcanzaría por las mañanas, pero esto esta muy influenciado por factores externos como es la cantidad de ejercicio previo.

## FUERZA MUSCULAR

La máxima fuerza medida con el test del dinamómetro de mano (*grip strength*) se alcanza en las primeras horas de la tarde, 14-19 horas, con una amplitud que alcanza el 6% en cuanto al pico de fuerza isométrica (Gifford 1987, Reinberg 1988). Este ritmo de fuerza valorado con el test de mano es en parte endógeno dado que persiste a pesar de la privación del sueño y es modulado en pequeña proporción por los cambios del ritmo endógeno.

La fuerza isométrica de extensión de la rodilla presenta dos picos, el primero al final de la mañana y el segundo al final de la tarde, con una caída transitoria entre ambos.

En otros grupos musculares (flexión de codo) la fuerza isométrica se producía al inicio de la tarde, al igual que en las valoraciones de la fuerza de espalda que presentaban un pico por la noche, en comparación a la mañana, con una amplitud del 6% (Atkinson et cols 1995).

Tanto la fuerza concéntrica como la excéntrica mostraba pico en las horas tempranas de la tarde.

## CAPACIDAD Y POTENCIA

Algunos estudios sugieren que la potencia y la capacidad anaeróbica (Wingate) presentan un pico máximo por la noche (21 h) que alcanzaba hasta un 8% más que el mismo test realizado a la mañana (3 h) (Hill et cols 1991, pero estos hallazgos no han sido confirmados por otros estudios. Estudios posteriores con pruebas más específicas para la detección de variaciones de la Vo2 max en función del día parecen aventurar que existe un mejor rendimiento a primeras horas de la tarde.

La actividad explosiva, medida con salto de longitud con pies, juntos los valores más altos se conseguían sobre las 17.45 h con una amplitud de 3.4% con respecto al valor peor obtenido en un periodo de 24 horas de test. Lo mismo se objetivó en el salto vertical (Reilly y Down 1986). Esto es importante para prever la mejor hora para el salto de longitud dado que los récords se batían por pocos centímetros.

En el caso de la natación también se han objetivado mejores rendimientos por la tarde lo que en algunos casos podrían atribuirse a un aumento de la temperatura del agua, pero controlando ésta variable también se observan mejoras de rendimiento que pueden alcanzar el 11-14 % de variación entre la peor y la mejor marca siendo el pico de máximo rendimiento las 18 h. (Reilly and Marshall 1991).

## RESPUESTAS FISIOLÓGICAS

No se han observado en la actualidad influencias del ritmo circadiano en la frecuencia cardíaca durante el ejercicio, pero como hay múltiples factores que influyen es difícil discernir su influencia.

La temperatura central del cuerpo (temperatura rectal) y la temperatura superficial (piel) no presenta cambios rítmicos con el ejercicio. (Reilly and Brooks 1986)

Los trabajos de (Cohen and Muehl 1977) evidenciaron que ante una misma carga de trabajo la frecuencia cardíaca era inferior en 3-5 latidos/minuto cuando este se realizaba por la noche. Parece que las frecuencias menores cardíacas se alcanzarían en el periodo que va desde las 4-8 horas. La capacidad de recuperación tras el ejercicio es superior durante el día (7 veces). Cohen 1980, repite el trabajo y muestra que la frecuencia máxima cardíaca no varía con el transcurrir del día lo que sugeriría que la respuesta

cardíaca máxima al ejercicio no estaría sujeta a un ritmo circadiano. Este último punto no está del todo aclarado ya que hay algunos trabajos que contradicen los de Cohen y Reilly.

Reilly (1984), también estudió la respuesta de la presión arterial sistólica al ejercicio si presentaba alguna ritmicidad con el día y no encontró ninguna afectación. Pero sí encontró cambios en la presión diastólica postejercicio alcanzando su descenso máximo entre las 0-2 horas (no se conoce él porque de esta acrofase).

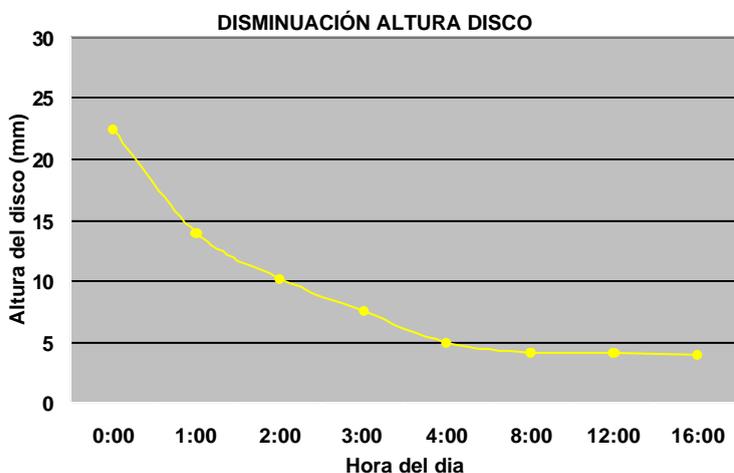
Horne and Pettit (1984), no descubren ritmicidad en la  $VO_2$  en pruebas submáximas en individuos no entrenados y no se ha encontrado ninguna ritmicidad con el transcurrir del día de la  $VO_2$  ni de la  $V_{CO_2}$  expirado.

La amplitud del VE se ve ampliada con la luz y el ejercicio moderado. Los estudios de Reilly and Brooks (1982) muestran que la VE en respuesta al ejercicio era igual al comportamiento que se obtiene con el reposo pero con una amplitud mayor 20-40%. Esto explicaría la facilidad de la aparición de disnea de esfuerzo cuando el ejercicio se realiza en las primeras horas de la mañana.

Ante ejercicios de máxima intensidad no se objetivó cambios en la respuesta en función de la hora del día y que la  $VO_2$  max es estable e independiente de la hora en que se haga la determinación.

La percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) ante un ejercicio máximo ofrece variaciones con las horas del día. Los trabajos de Faria and Drummond (1982), muestran que ésta (RPE) es mayor en los ejercicios que se realizan a primeras horas de la mañana (2-4 horas) que los realizados por la noche (20-22 horas). En trabajos submáximos también la percepción de cansancio era superior por la mañana.

Si en lugar de la frecuencia cardíaca se utiliza como medidas la  $VO_2$  max para expresar la intensidad del ejercicio se han objetivado variaciones de la RPE solo durante ejercicios máximos, pero si éste es realizado repetidas veces durante el día se objetivó una RPE más alta en las primeras horas de la tarde.



Una respuesta a la actividad y con una importante repercusión en la rehabilitación es la reducción de altura del disco secundaria a la pérdida de líquido que sufre el disco intervertebral con el transcurrir del día, y se recupera durante la noche con el decúbito. Esta pérdida de altura se ha cuantificado en 1,1% de la

Figura 4 Disminución del tamaño del disco después de caminar por la mañana. (Hessemer at cols 1984)

altura global del disco. La altura máxima es alcanzada a las 7,30 h y la inferior a la medianoche (Hessemer et cols 1984 Figura 4). Similar estudio realizado en las mujeres mostraba que la pérdida de altura se producía igualmente y que alcanzaba el 0,92% de la altura máxima.

Si sometemos a una misma carga de peso vertical a la columna durante la mañana como la tarde se observa un mayor pérdida de altura del disco por la mañana, es decir, que el disco es más rígido por la tarde lo que predispondría a un mayor riesgo de lesiones, pero que podría verse compensado por la mayor fuerza detectada en los extensores de la espalda.

Las pruebas de test submáximos basadas en la frecuencia cardiaca pueden estar condicionadas por la hora del día en que se realizan y obtener resultados falseados que pueden llegar a tener errores del 10-25% en la  $VO_2$  max predicha, y que no ocurre cuando se mide directamente la  $VO_2$  max. (Reilly 1990), dada la variabilidad de la frecuencia cardiaca que se produce con las horas del día.

## 1. LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO Y RITMO CIRCADIANO

Existen una serie de factores que influirían en la capacidad de rendimiento físico (temperatura, condiciones meteorológicas, horario de la competición, ...) pero la mayoría de los autores coinciden en que la mayor capacidad de rendimiento se alcanzaría en las primeras horas de la tarde. En este momento del día se alcanzarían picos en el tiempo de reacción, fuerza isométrica de la mano, fuerza máxima de flexión del codo, fuerza de espalda, capacidad de trabajo total a altas intensidades de carga, y en la producción de lactato, disminución del umbral de dolor y de la rigidez articular.

Durante el trabajo submáximo se obtienen mayores rendimientos, sin una percepción de mayor sensación de trabajo, en las primeras horas de la tarde. Se ha visto mejoras en la fuerza muscular después de realizar las sesiones de entrenamiento en las primeras horas de la tarde que si se realizan por la mañana (mejoras de hasta un 20%). También se hallaron aumentos significativos en el salto vertical y en el salto de longitud cuando la ejecución de los mismos tuvo lugar en horas tempranas de la tarde.

La memoria a largo plazo "memoria de retención" (datos que deben retenerse durante un plazo de 1 semana o más) es un 8% mayor cuando se estudian o presentan los datos en la franja horaria que va de las 15 h a las 21 h. Esto es importante para la planificación de los entrenamientos y el ensayo de estrategias de juego, este 8% de incremento en la capacidad de la memoria de retención es importante conocerlo dado que es el mismo que el decremento que se produce cuando el sueño se reduce a solo 3 horas.

El rendimiento de los nadadores también presenta un pico por la tarde, teniendo amplitudes que van del 11-14% de la media de los valores obtenidos en las 24 horas. Estas variaciones circadianas en el rendimiento de los nadadores son mayores que el decremento producido cuando se les somete a una restricción de solo tres horas de sueño durante tres días seguidos.

La precisión en la ejecución de un movimiento es mayor en las primeras horas de la mañana (existe una relación inversa entre la velocidad de ejecución y la precisión en la ejecución, como ya hemos comentado anteriormente).

El cálculo aritmético y la memoria reciente presentan un pico en las primeras horas de la mañana en lugar de por la tarde, así sería aconsejable que los deportes que precisan una exactitud en la ejecución del acto deportivo así como la planificación de las tácticas de juego y la suministración de información por parte del entrenador se realizaran a primera hora de la mañana.

## 2. NIVELES DE RESISTENCIA Y TEMPERATURA AMBIENTE

La realización de ejercicio físico en ambientes calurosos tiene que tener presente las posibles pérdidas de calor necesarias para mantener en óptimo funcionamiento el cuerpo humano y su capacidad de rendimiento. Si el ejercicio se realiza por la tarde o al anochecer existiría un riesgo mayor que se pudiera alcanzar la temperatura crítica del golpe de calor pero ya hemos indicado que la temperatura central se mantiene casi constante con el ejercicio. Se ha calculado que existe un umbral mayor por la mañana que por la noche en la aparición del golpe de calor que se sitúa en 0,5-0,8 ° mayor por la mañana que por la tarde.

En condiciones de frío y humedad los deportistas corren a una intensidad muy baja, por la mañana y habría un mayor riesgo de hipotermia y mayor dificultad para el mantenimiento de la temperatura central corporal, por ello es muy importante la adecuación de la ropa de los deportistas en estas condiciones para evitar la hipotermia.

Estos dos ritmos de la temperatura central se tendrían que tener presentes a la hora de planificar las salidas del maratón en ambientes húmedos, fríos y calurosos.

## 3. DIFERENCIAS INDIVIDUALES DEL CRONOTIPO

Como anteriormente hemos comentado existen tres cronotipos: los madrugadores (alondra), los noctámbulos (búhos) y los intermedios (ni alondras ni búhos).

No se han observado diferencias diurnas durante la realización de ejercicios submáximos, en la frecuencia cardíaca, RPE y  $VO_{2\max}$  en función del Cronotipo. Sin embargo, en los noctámbulos se han observado mejorías en las determinaciones de la  $VO_{2\max}$  en las pruebas realizadas por la tarde, mientras que no ha habido diferencias en los individuos madrugadores en función de la hora del día.

La caída de la temperatura por la noche es más acusada en aquellos individuos que han realizado ejercicio durante el día que en los sedentarios, pero esta sobrecompensación no puede ser atribuida a la “sobrecompensación termorreguladora postejercicio” dado

que el trabajo no ha sido randomizado y se precisaran mayores estudios para poder mantener esta teoría.

Existe una importante variabilidad individual en los ritmos circadianos (temperatura corporal, secreción hormonal, parámetros hematológicos, excreción urinaria de metabolitos, frecuencia cardiaca, presión arterial...), y a la respuesta a ritmos exógenos como son los cambios del ritmo de sueño y la respuesta cardiovascular postingesta.

Con la edad se reduce la amplitud de los ritmos y su longitud. Pero los estudios de laboratorio en individuos de 50-60 años muestra que la mejor hora de rendimiento es a primera hora de la tarde aunque también actúan bien por la mañana, reduciéndose ésta diferencia con la edad. Falta confirmar si esta diferencia observada es debida al envejecimiento del reloj interno o por el contrario al cambio en el ritmo de sueño.

#### 4. HORA DEL DIA OPTIMA PARA EL ENTRENAMIENTO

Dos cuestiones son importantes a responder:

- a) Tiempo del día en el que el deportista se prepara voluntariamente para el trabajo duro.
- b) Tiempo del día en la que el deportista obtiene una mayor ganancia de estado de forma con un ejercicio determinado.

Si el ejercicio es menor de 40 minutos de duración la mayor eficacia para realizar un trabajo voluntario se produce a primera hora de la tarde o al anochecer [Cuando las cargas son escogidas a primeras horas de la tarde estas no se acompañan de una sensación subjetiva de mayor trabajo por ello el deportista prefiere entrenar por la tarde]. Esta preferencia por elegir cargas mayores de trabajo a primeras horas de la tarde no es tan clara cuando el ejercicio se realiza en condiciones de calor.

No parece que aquellos grupos de entrenamiento que habitualmente entrenan por la mañana (nadadores) sean capaces de invertir la superioridad de entrenar por la tarde.

La búsqueda de la mejora de la resistencia en función del ritmo circadiano es una equivocación porque las ganancias son mínimas. Los estudios realizados sugieren que en los entrenamientos realizados por la noche (20-20.30 h) o por la mañana (9-9.30 h) no se obtienen diferencias significativas pero si hay un aumento para los que entrenan a primera hora de la tarde (15-15.30) (Torii 1992).

Para el entrenamiento de fuerza se ha visto un aumento de la fuerza superior al 20% a los que lo realizaron a las 21 h. con respecto los que entrenaron a las 9 h, en trabajos realizados con fuerza máxima isométrica (varia con los ritmos circadianos). Los niveles plasmáticos de somatotropina y testosterona son significativamente mayores para los que entrenaron de noche comparados con los de la mañana. Hildebrandt 1990).

Hay estudios que sugieren que el aprendizaje motor es más rápido cuando las tareas son realizadas por la mañana a horas tempranas (9 h), pero se necesitan mayores estudios para poder asegurar esta premisa.

Los trabajos en el atardecer parecen más seguros que los trabajos realizados por la mañana. El asmático deberá evitar los ejercicios a primera hora de la mañana y tener precauciones de realizar ejercicios por la tarde sobre todo en áreas urbanas por el efecto fotoquímico sobre la contaminación. Willich et cols (1993) reportó que la posibilidad de padecer afectación aguda coronaria era 3 veces superior al realizar ejercicio por la mañana comparado con otros periodos del día y esto es evidente en individuos sedentarios que inician la actividad física. Esto será una referencia al programar ejercicio físico a los pacientes afectados de enfermedades coronarias por la mañana (contraindicar).

El dolor muscular retardado (DOMS) que aparece con ejercicios de fuerza importante y especialmente excéntricos, suele aparecer a los 2-3 días pero en ellos no se ha investigado si existe alguna repercusión de los ritmos circadianos en ese periodo. Los niveles plasmáticos de Creatinina se incrementan con el DOMS y se ha empleado como marcador muscular cuando hay lesión. Los niveles más bajos de DOMS y de Creatinina se han encontrado en ejercicios realizados por la tarde siendo desconocidos los mecanismos implicados. (Gutenbrunner 1993).

## 5. PERTURBACION DE LOS RITMOS

La actividad física dos veces por semana se asocia a una mejor tolerancia de los cambios de horario en el trabajo, influyendo tanto en los cambios fisiológicos como en la percepción de fatiga.

## **EFFECTOS DEL JET-LAG SOBRE EL ORGANISMO**

El efecto que con mayor frecuencia se asocia es el trastorno del sueño que está presente en el 60-70% de los sujetos en la 1ª noche después de haber cruzado una zona horaria mientras que al 3º día el porcentaje se reduce al 30%. Las pérdidas de sueño pueden alcanzar las 5-6 horas por noche de vuelo. (Lavernhe et cols 1968)

Los vuelos hacia el oeste (retraso de fase) tienen una menor repercusión y es más fácil la resincronización que los vuelos que se realizan hacia el este (adelanto de fase) así como la calidad del sueño (Sueño Reparador) es menor en estos últimos.

Cuando el viaje se realiza hacia el este la dificultad para conciliar el sueño a la hora local es mayor, mientras que en los vuelos hacia el oeste el problema se centra en el despertar temprano.

Klein y Wegmann (1974) calcularon que era necesario 3 días para resincronizar el ritmo del rendimiento psicomotor después de un vuelo desde Alemania-USA y 8 días cuando el vuelo era a la inversa. El ritmo de readaptación de los efectos del Jet-Lag sobre el entrenamiento es de 57/minutos/día cuando el vuelo es hacia el este y de 92 minutos/día cuando es hacia el oeste. (Aschoff et cols 1975)

Algunas mujeres experimentan alteraciones del ritmo menstrual.

En general los síntomas aparecerán durante las primeras 48 horas después del vuelo y cuantas más zonas horarias se cruzan mayor es el tiempo necesario de resincronización aunque esta realización no es lineal.

Los factores individuales que condicionan la readaptación son:

- Dirección del vuelo
- Capacidad de resincronización
- Estabilidad de los ritmos
- Personalidad
- Tipo horario de personalidad,
- Amplitud del ritmo,
- Hábitos de sueño.

Existe mucha variabilidad individual entre los procesos de readaptación a un ritmo dado y de ellos entre sí. Aproximadamente un 30% de los individuos que viajan a través de diferentes zonas horarias no presentan ninguna o muy escasa repercusión para la resincronización pero un 30% no se ajustaran completamente en ningún momento. (Winget et cols 1992)

Así por ejemplo, a igual de individuos, los ritmos más amplios (bajada de la temperatura corporal) son más resistentes a la readaptación del desfase horario, a los viejos les cuesta más que a los jóvenes. También es más fácil la readaptación en verano que en invierno (parece ser porque hay mayor número de horas de luz solar).

## 1. DESINCRONIZACIÓN (Jet-Lag) Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Tener presente los ritmos circadianos es beneficioso en todas aquellas tareas que precisan de facultades como la resistencia, funciones mentales, fuerza física. Este beneficio puede llegar al 10% del rendimiento deportivo si escogemos el momento oportuno para la ejecución de la actividad deportiva. Un 10% de decremento en la actividad deportiva se obtiene después de un sueño de menos de 3 horas, de haber consumido alcohol hasta el límite legal o tras la ingesta de barbitúricos (Klein et cols 1967, Folkard et cols 1983).

El Jet Lag puede ocasionar una desincronización en la aparición de los picos de los ritmos circadianos con el consiguiente deterioro de la capacidad de rendimiento (esto se ha objetivado en el equipo de fútbol americano en donde los equipos de la costa oeste

tienen ventaja cuando los encuentros se realizan por la tarde con respecto a los equipos de la conferencias central y la del este) (Jehue et cols 1993).

Para los deportistas que realizan los viajes transcontinentales existen dos problemas, el primero es que el rendimiento máximo no se conseguirá en la competición sino coincide con la cresta de máximo rendimiento del individuo, y el segundo es que el deportista no

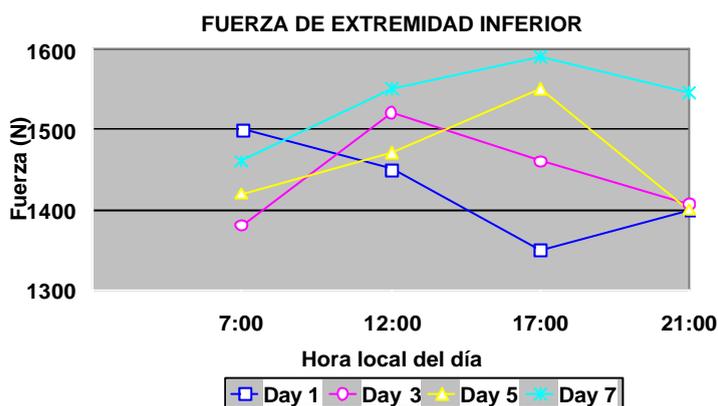


Figura 5. Valores de fuerza de extremidad inferior en función del tiempo de resincronización tras un vuelo hacia el oeste y con 5 horas de cambio de horario. (Reilly 1997)

puede asumir el entrenamiento de calidad dado que se producen a destiempo de su reloj interno, lo cual se traduce por un aumento de la fatiga, mal humor y desadaptación psicológica. Así Wrigth et col (1983) mostró incremento en los tiempos de los velocistas y corredores de media distancia que habían realizado un vuelo hacia el este de más de 6 horas de cambio horario.

También se objetivan

cambios en la fuerza medida con el test de mano (grip strength) en los jugadores de rugby que viajan de Reino Unido a Australia, con niveles normales por la tarde, solo hasta el 4º día los niveles de fuerza eran mayores por la tarde que los obtenidos por la mañana. El ritmo normal no se recupero hasta pasados 2-3 días.

Lo mismo se objetivó en la fuerza de piernas en atletas que viajaron hacia el oeste con un cambio horario de 5 horas, se tardaron 5 días para alcanzar el pico de fuerza máxima a las 17h (tiempo habitual de competición). Figura 5(Reilly et cols 1997)

Es difícil extraer los efectos precisos de la desincronización a los debidos al cambio de escenario, estrés de competición, fatiga causada por el viaje ..., pero el estudio realizado por Recht y cols (1995) sobre el resultado de la liga americana de béisbol demostraba que los equipos de casa tenían una mayor probabilidad de ganar y que, además, esta era mayor si el equipo visitante viajaba hacia el este. El autor concluye que el factor “casa” tiene que ver con los viajes intercontinentales y más si el partido se realiza en los 2 días siguientes al viaje y solo si este se realizaba hacia el este.

Reilly y cols (1997). Vieron que la resincronización de los atletas que viajaban de UK hacia Florida se alargaba como mínimo 5 días y se iniciaba con la recuperación del ciclo sueño-vigilia, después el ritmo de la temperatura corporal para luego desaparecer los síntomas de jet-lag antes de la completa normalización de los ritmos.

### **3. CONCEPTOS de UTILIDAD PRÁCTICA. PREVENCIÓN DEL "JET LAG".**

Se han utilizado diversas estrategias para prevenir-solucionar el "jet lag", las principales son:

1ª) Llegar varios días antes de la competición, dando aproximadamente un día por cada hora de cambio horario.

2ª) Parar y hacer una estancia corta a mitad del cambio horario.

3ª) Cambiar los estímulos (Zeitgebers), para que cambien los ritmos circadianos, y se ajusten a los de la nueva zona horaria; a) alternando días de ayuno y cambiando los horarios de comida en el día del viaje, b) usando correctamente las metil-xantinas en las comidas (café, te, colas, chocolate), c) consumiendo dietas (según el caso) muy ricas en proteínas o muy ricas en hidratos de carbono, y por último, d) iniciando el cambio de horario antes de salir de viaje.

#### **1ª) Período de adaptación.**

**Para prevenir** los problemas derivados del "jet lag" en los días de competición, convendría llegar al lugar donde se va a competir con un número de días de antelación similar al número de horas de diferencia horaria. Pero teniendo en cuenta que el reajuste de los ritmos circadianos al nuevo horario parece que es más rápido en los viajes hacia el Oeste (90 min por día) que en los viajes hacia el Este (60 min por día).

Aunque si consideramos la importancia de realizar entrenamientos buenos en las propias instalaciones donde se va a competir, y reducir los días en los que los deportistas se encuentran son síntomas adversos, sería aún más conveniente el ayudar a reducir los efectos negativos del Jet lag y reducir los días de adaptación, mediante la estrategia 3ª).

Con una buena planificación previa, teniendo en cuenta los "zeitgebers" (ver a continuación la estrategia 3ª), el período de adaptación se reduciría mucho (incluso a 1 sólo día), con lo que los entrenamientos etc. se podrían realizar casi con normalidad desde el 2º o 3er día, de estancia en el nuevo huso horario.

#### **2ª) Paradas intermedias.**

**Esta estrategia** consiste en realizar el viaje al nuevo huso horario realizando una o varias paradas intermedias, lo cual reduciría los síntomas negativos. Por ejemplo. En una competición en la costa Oeste americana (cambio horario de 9 horas), se puede hacer una adaptación previa de 6 hora en la costa Este y luego continuar el viaje (adaptación de 3 horas).

### 3ª) Cambios en los "Zeitgebers".

Con esta estrategia se utilizan los "zeitgebers" para situar más rápidamente los ritmos circadianos del organismo en los de la zona horaria a la que vamos.

#### a) **Ayuno.**

**El AYUNO** se incluye porque se ha demostrado, que después de un día de ayuno, las personas se adaptan más fácilmente a los cambios en los horarios de comidas (los cambios en los horarios de comidas son uno de los problemas en el jet lag, para los deportistas). (Ehret y col, 1980).

#### b) **Metil-xantinas**

**Las metil-xantinas (cafeína, etc)**, producen retrasos en los ritmos circadianos cuando se toman por las mañanas y avances en los ritmos cuando se toman por las tardes. Como cuando se viaja hacia el Oeste (como en el caso del viaje a USA), las personas tienen un retraso en las fases de los ritmos circadianos, por lo que les viene bien el ingerir bebidas con metil-xantinas por las mañanas. Lo contrario en los viajes hacia el Este, en los que no se debería de tomar metil-xantinas hasta media tarde, para ayudar al avance de las fases circadianas.

#### c) **Composición de las comidas.**

Las comidas muy ricas en proteínas, tomadas en el desayuno y la comida del mediodía, estimulan la producción de catecolaminas y ayudan a la actividad diaria, mientras que las comidas muy ricas en carbohidratos estimulan la producción de Serotonina y ayudan al sueño (Ehret y Scanlon, 1983). Algunos estudios muestran que la ingestión de un desayuno muy rico en proteínas, estimula un rápido ajuste a un horario nuevo, mientras que desayunos pobres en proteínas retrasarían este ajuste.

#### d) **Cambio de horario previo.**

Consiste en ir ajustando antes de salir de viaje, el horario al de la zona horaria a la que se va a viajar. En los viajes hacia el Este, se adelantarían paulatina y progresivamente las horas de despertarse, de comidas y de ir a dormir. En los viajes hacia el Oeste, se retrasarían los horarios de sueño, vigilia y de comidas. Por ejemplo, los deportistas desde una semana antes del viaje, se despertarían, desayunarían, comerían, cenarían y se irían a la cama, media hora más tarde cada día, y durante el viaje en avión tratarían de mantener esos mismos horarios. En los viajes hacia el Este, se haría al contrario, se adelantarían paulatinamente los horarios de despertarse, desayunos, comidas, entrenamientos, irse a la cama, etc.

Se recomienda además que ya en el viaje de avión se pongan los relojes en la hora del destino, pues ello ejerce un efecto positivo en los ajustes de ritmos circadianos y ayuda en la planificación de las comidas y sueño durante el vuelo.

Ha sido comprobado (Graeber, 1980) que el uso de estos "zeitgebers" en los viajes transatlánticos, es beneficioso para la adaptación y que la fatiga post-viaje es menor.

NOTA: En algunos casos, en los que la diferencia horaria es muy grande, se han utilizado medicamentos inductores del sueño, para ayudar al organismo a dormir a la hora adecuada y con ello ayudar a cambiar los ritmos circadianos. Esto se utiliza sobre todo en los viajes hacia el Este, con un cambio horario muy grande. A continuación (en las Figuras 3 y 4) se exponen unas gráficas en las que se marca la utilización de de medicación inductora del sueño (Temazepam) en la prevención del Jet Lag durante el viaje del equipo olímpico alemán a Seúl-88. Las flechas marcan el momento en los que se tomó esa medicación. Tomado de Keul y col. "Temacepam, metabolische und kardiopulmonale Parameter unter Berücksichtigung des "Jet-Lag" Syndroms". Deutsche Z. Sportmedizin. 41, 268-274, 1990.

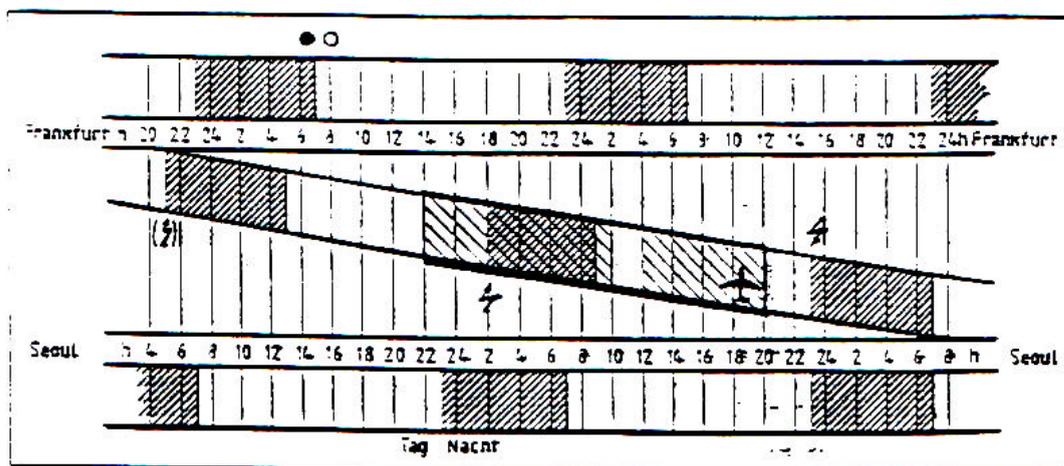


Figura 3. Esquema de la utilización de Temazepam , (marcado por una flecha), antes y durante el viaje Frankfurt-Seúl.

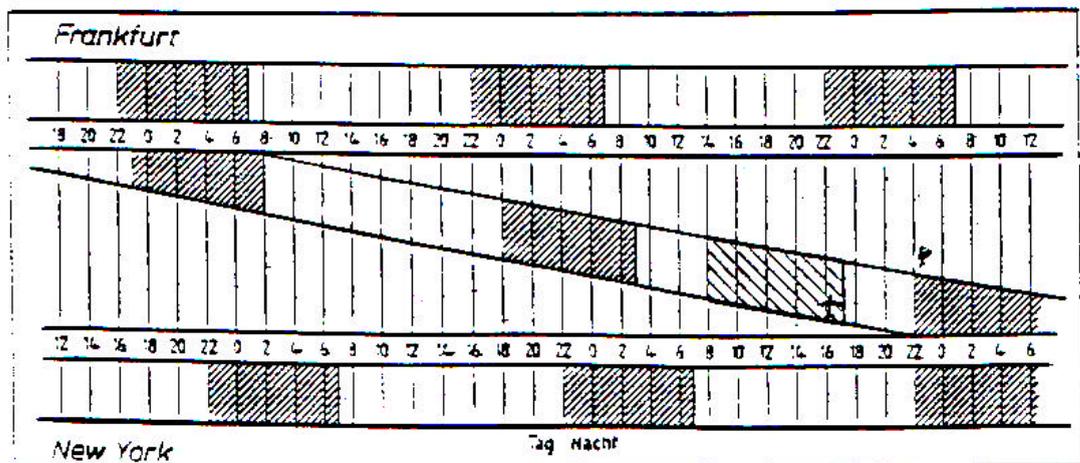


Figura 4. Esquema de la utilización de Temazepam, (marcado por una flecha), durante el viaje Frankfurt-Nueva York.

### **CONSEJOS PARA UNA ACLIMATACIÓN HORARIA HACIA EL OESTE.**

- 1- Una semana antes del viaje, intentar si es posible, ir cada día 1/2 hora más tarde a dormir , despertarse, desayunar entrenar, comer, cenar etc., 1/2 hora mas tarde, cada día.
- 2- Tres-cuatro días antes del viaje, no tomar bebidas que contengan metil-xantinas (café, té, colas, chocolate). Sólo es admisible después de las comidas del mediodía.
- 3- El día antes del viaje, comer abundantemente, pero teniendo en cuenta: Desayuno tarde y con mucha proteína. La Comida también con alto contenido en proteínas. La Cena con alto contenido en hidratos de carbono.
- 4- El día del viaje, despertarse lo más tarde que sea posible. Al levantarse, beber abundante café o té y no volver a tomar metil-xantinas en el resto del día. Tomar un Desayuno no muy abundante y con un alto contenido en proteínas.
- 5- Durante el viaje. Comer muy ligero el día del viaje. Sobre todo a base de fruta, ensalada y verduras. No tomar aperitivos (snacks) ni "comida basura". No ingerir bebidas alcohólicas (aumentarán la diuresis y el riesgo de deshidratación). Beber abundante agua o zumos. No ingerir bebidas con metil-xantinas. Poner el reloj en el horario de destino, en el momento de subir al avión. En mitad del viaje (si en el horario de destino, es hora activa), hacer una o dos veces ejercicios de activación (ver al final) y/o estiramientos suaves, si es posible. Actuar, comer y pensar con el horario de destino. Si durante el viaje, en el horario de destino es momento de dormir, hay que intentar dormir. Para ello algunas veces se utilizan, en viajes de muy larga duración y con cambio horario muy grande, medicación inductora del sueño. (ver ejemplo en Figura 4.).

## **CONSEJOS PARA UNA ACLIMATACIÓN HORARIA HACIA EL ESTE**

- 1- Una semana antes del viaje, intentar si es posible, ir cada día 1/2 hora más temprano a dormir, despertarse, desayunar, entrenar, comer, cenar etc., 1/2 hora mas temprano, cada día.
- 2- Tres-cuatro días antes del viaje, no tomar bebidas que contengan metil-xantinas (café, té, colas, chocolate). Sólo es admisible después de las comidas del mediodía.
- 3- Dos días antes del vuelo, ingerir un desayuno y una comida muy ricos en proteínas, pero bajos en calorías y por la noche una cena ligera rica en Hidratos de carbono.
- 4- El día antes del viaje, comer abundantemente, pero teniendo en cuenta: Desayuno muy temprano y con mucha proteína. La Comida también con alto contenido en proteínas. La Cena con alto contenido en hidratos de carbono.
- 5- El día del viaje, despertarse lo más temprano que sea posible. Al levantarse, tomar un Desayuno no muy abundante y con un alto contenido en proteínas.
- 6- Durante el viaje. Comer muy ligero el día del viaje. Sobre todo a base de fruta, ensalada y verduras. No tomar aperitivos (snacks) ni "comida basura". No ingerir bebidas alcohólicas (aumentarán la diuresis y el riesgo de deshidratación). Beber abundante agua o zumos. No ingerir bebidas con metil-xantinas. En mitad del viaje (si en el horario de destino, es hora activa), hacer una o dos veces ejercicios de activación (ver al final) y/o estiramientos suaves, si es posible.
- 7- Aproximadamente a las seis de la tarde, del día del viaje, ya sea en el avión o ya en el destino, tomar una o dos tazas de café o té y poner en ese momento la hora de destino en el reloj. Como las seis de la tarde del "horario antiguo" serán las 12 o más tarde del horario de destino, hay que intentar dormir, aunque no se tenga sueño, hasta por la mañana del horario de destino. En algunos casos se utilizan medicamentos inductores del sueño (ver Figura 3.).
- 8- Desayuno con horario de destino o en la ciudad de destino. Despertarse media hora antes del desayuno (siguiendo ya horarios normales de destino, no despertarse tarde), para activar el organismo (incluso se pueden hacer algunos ejercicios suaves y/o estiramientos para activar el cuerpo). Ingerir un desayuno muy abundante, con un contenido alto en proteínas. A veces este desayuno es todavía en el avión.
9. Primer día en destino. La comida debe de ser también muy abundante y rica en proteínas y la cena abundante y rica en hidratos de carbono. Ambas en horarios normales de destino. No tomar bebidas con metil-xantinas en todo el día. Mantenerse todo el día activo. No hacer siestas. No ir tarde a dormir. (A las 11 aprox). Algunos casos, si la diferencia horaria es muy grande, se pueden utilizar medicamentos inductores del sueño, para dormir a la hora adecuada, ya que puede que el deportista, en horario de destino no tenga sueño en el momento de ir a dormir.

---

### *Otros aspectos Prácticos*

*También hay que recordar a los deportistas que en los viajes largos en avión, debido a la sequedad del aire que se respira en la cabina, se produce una ligera deshidratación que hay que compensar bebiendo líquidos abundantes durante el viaje.*

*Durante el viaje son beneficiosos los ejercicios activadores (a continuación, se describen varios de ellos, que se pueden realizar en el asiento del avión), y los estiramientos suaves.*

*EJERCICIOS ACTIVADORES, para realizar sentado, en el avión.*

*-Respiraciones profundas completas*

*-Ponerse de puntillas.*

*-Elevaciones de hombros.*

*-Rotaciones de hombros.*

*-Giros y extensiones de cabeza.*

*-Giros de muñecas y/o brazos.*

*-Subir las rodillas hacia el pecho.*

*-Presionar con la planta de los pies el suelo, hacia abajo y adelante.*

*Además, si hay algo de espacio en el avión (en los pasillos o en la zona de los lavabos), es conveniente realizar algunos estiramientos suaves.*

---

En un futuro muy cercano habrá que tener en cuenta , cuando se hable de deporte en ambientes especiales, aspectos relacionados con la contaminación atmosférica. Pues, tal como se aprecia en la Figura 5, referente a la contaminación en una gran capital, hay momentos del día en los que las cantidades de monóxido de carbono y de ozono son muy altas.

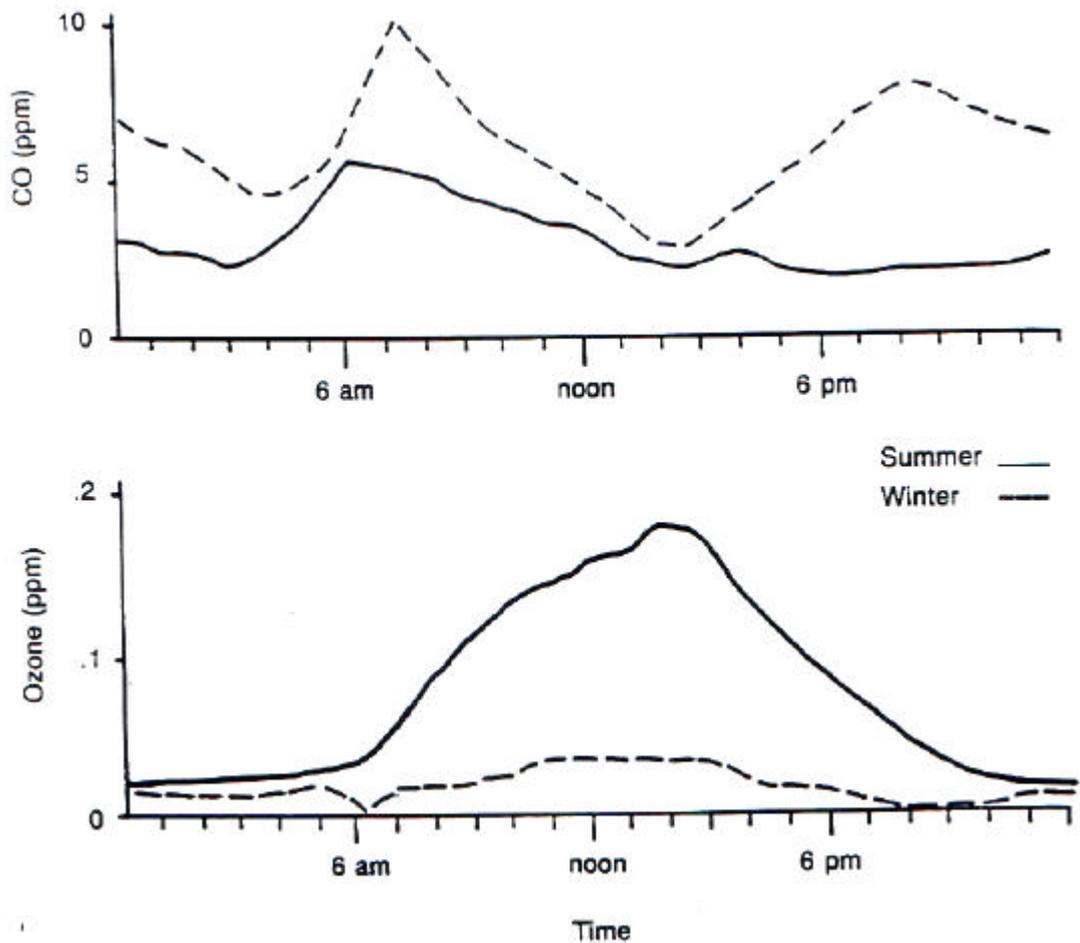


Figura 3. Niveles de Monóxido de Carbono (panel superior) y de Ozono (panel inferior) en el área urbana de Los Angeles, en diferentes horas del día. En verano (línea continua) y en invierno (línea discontinua).

### **BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA**

Libro recomendado:

Overcoming Jet Lag, de C.F. Ehret y L.W. Scanlon. Berkley Books, Nueva York. 1983.

1. Arendt J, Marks V. Physiological changes underlying jet lag. *BMJ* 1982, 284: 144-146.
2. Aschoff J. *Circadian clocks*. Amsterdam : North Holland Prss 1965
3. AschoffJ, hoffmannK, PhohlH. Re-entrainment of circadian rhythms after phase-shifts to the zeitgeber. *Chronobiologia* 1975, 2: 23-78.
4. Atkinson G, Coldwells A, Reilly T. Circadian rhythmicity in self-chosen work-rate. In: Gutenbrunner C, Hildebrandt G, Moog R, editors. *Chronobiology and chronomedicine. Basic rsearch and applications*. Frankfurt am Main: Peter Lang-Verlag 1993: 478-484.
5. Atkinson G, Coldwells A, Reilly T. The influence of age on diurnal variations in competitive cycling performances. *J Sport Sci* 1994, 12 : 127-128.
6. Atkinson G, Reilly T. Circadian Variation in Sports Performance. *Sports Med* 1996, Apr 21 (4) 292-312.
7. Atkinson G, Greeves J, Cable T. Day-to-day and circadian variability of leg strength measured with the LIDO isokinetic dynamometer. *J Sport Sci* 1995, 13: 18-19.
8. Atkinson G. *Effects of age on human circadian rhythms in physiological and performance measures (thesis)*. Liverpool: Jhon Moores University 1994.
9. Boulos Z, Campbell SC, Lewy AJ. Light treatment for sleep disorders: consensus report. VII. Jet Lag *J Biol Rhythms* 1995, 10: 167-176.
10. Cannon WB. *The wisdom of the body*. New York : norton 1939.
11. Cohen CJ, Muehl GE. Human circadian rhythms in resting and exercise pulse rates. *Ergonomics* 1977, 20: 457-459.
12. Cohen CJ. Human circadian rhythms in heart rate response to a maximal exercise stress. *Ergonomics* 1980, 23: 591-595.
13. Copinschi G, Van Reeth O, Van Cauter E. Effects du vieillissement et de la désynchronisation entre la rythmicité endogène et les conditions d'environnement. *Press Med* 1999, 28: 942-946.
14. Dawson D, Armstrong SM,. *Chronobiotics-drugs that shift rhythms*. *Pharmacol Ther* 1996, 69:15-36.
15. Faria IE, Drummond BJ. Circadian changes in resting heart rate and body temperature, maximal oxygen consumption and perceived exertion. *Ergonomics* 1982, 25 : 381-386.
16. Folkard S, Monk TH. *Chronopsychology : circadian rhythms and human performance*. In: Gale A, Edwards JA, eds. *Attention and performance*. New York: academic Press, 1983, 2:55-78.
17. Francart AL, Davenne D, Francois T, Renaud A, Garnier A. Influence du regime dissocié "Scandinavian" sur la structure du sommeil des sportifs. *Compte Rendues de la Societe de Biologie* 1995, 183: 467-473.

18. Gifford LS. Circadian variation in human flexibility and grip strength. *Aust J Physiotherapy* 1987, 33: 3-9.
19. Gutenbrunner C. Circadian variations in physical training. In: Gutenbrunner C, Hilderbrandt G, Moog R, editors *Chronobiology and chronomedicine*. Frankfurt : Peter Lang 1993: 665-680.
20. Harma M Individual differences in tolerance to shiftwork: A review. *Ergonomics* 1993, 36: 101-109.
21. Hessemer V, Langusch D, Bruck K. Effects of slightly lowered body temperature on endurance performance in humans. *J Appl Physiol* 1984, 57 1731-1737.
22. Hildebrandt G, Gutenbrunner C, Reinhart C. Circadian variation of isometric strength training in man. In Morgan E, editor. *Chronobiology and chronomedicine*. Vol II Frankfurt Peter-lang 1990: 322-329.
23. Hill D.W., Hill CM, Fields KL, Smith JC. Effects of jet lag on factors related to sport performance. *Can J Appl Phys* 1993, 18: 191-103.
24. Hill DW, Smith JC. Circadian rhythms in anaerobic power and capacity. *Can J Sport Sci* 1991, 16: 30-32.
25. Horne JA, Ostberg O. Individual differences in human circadian rhythms. *Biol Psychol* 1977, 5: 179-190.
26. Jehue R, Street D, Huizenga R. Effect of time zone and game time changes on team performance: National Football league. *Med Sci Sports Exerc* 1993, 25, 1: 127-131.
27. Klein K, Wegmann H. The resynchronization of human circadian rhythms after transmeridian flights as a result of flight direction and mode of activity. In: Scheving LE, ed. *Chronobiology*. Tokyo; Igaku-Shoin, 1974: 564-570.
28. Klein KE, Bruner H, Wegmann HM. Die Veränderung der psychomotorischen Leistungsbereitschaft als Folge pharmakodynamischer Einwirkung verschiedener Substanzen mit potentiell sedierenden Effekt. *Azneimittelforschung* 1967, 17: 1048-1051.
29. Landgraf H, Vanselow B, Schulte-Huermann D, Müllmann MV, Bergau L. Economy Class syndrome: rehydration, fluid balance, and lower leg edema during a simulated 12 hour long distance flight. *Aviat Space Environ Med* 1994; 65: 930-935.
30. Lavernhe J, LaFontaine E, Pasquet J. Les réactions subjectives et objectives aux ruptures des rythmes circadiens lors des vols commerciaux long courrier est-ouest et vice-versa. *Revue de Médecine Aeronautique Spatiale* 1968, 7: 121-123.
31. Loat CER, Rhodes EC. Jet lag and human performance. *Sport Med* 1989, 8:226-238.
32. Mejean L, Kolopp M, Drouin P. Chronobiology, nutrition and diabetes mellitus. In Touitou Y, Haus E, editors. *Biological rhythms in clinical and laboratory medicine*. Berlin: Springer-Verlag 1992: 375-385.
33. Mills J, Minors D, Waterhouse J. Adaptation to abrupt time shifts of the oscillator human rhythms. *J Physiol* 1978, 285: 455-470.
34. Minors D, Waterhouse J. Anchor sleep as a synchronizer of rhythms on abnormal routines. *IN J Chronobiol* 1982, 7 :165-188.

35. Minors D, Waterhouse J.. Circadian rhythms and the human. London: Wright PSG 1981.
36. Minors D, Waterhouse J, Wirz-Justice A. A human phase-response curve to light. *Neurosci Lett* 1991, 133: 36-40.
37. Moorer. Organisation of the mammalian circadian system . In Chadwick D, Ackrill K, eds *Circadian Clocks and their adjustment*. Ciba Foundation Symposium 183. Chichester Wiley, 1995: 88-106.
38. O'Connor PJ, Morgan WP. Athletic performance following rapid traversal of multiple time zones. *Sports Med* 1990, 10:20-30.
39. Padson E. Travel statement on jet lag. *CM A J* 1996, 155 (1) jul 1 : 61-66.
40. Quigley B. "Biorhythms" and Australian track and field records. *J Sport Med Phys Fitness* 1981, 21: 81-89
41. Recht LD, Lew RA, Schwartz WJ, Baseball teams beaten byjet lag. [letter] *Nature* 1995, 377: 583.
42. Reilly T, Atkinson G, Budgett R. Effects of temazepam on physiological and performance variables following a westerly flight across five time zones *J Sport Sci* 1997, 15: 62.
43. Reilly T, Atkinson G, Waterhouse J. Travel fatigue and jet-lag. *J Sport Sci* 1997, 15: 365-369.
44. Reilly T, Brooks GA. Exercise and the circadian variation inbody temperature measures. *Int J Sports Med* 1986, 7: 358-362.
45. Reilly T, Brooks GA. Investigation of circadian rhytms in metabolic response to exercise. *Ergonomics* 1982, 25: 1093.1097.
46. Reilly T, Down A. Circadian variation in the standing broadjump. *Percept Mot Skills* 1986, 62 : 830.
47. Reilly t, Marshall S. Circadian rhythms in power output on a swin bench. *J Swim Res*1991, 7: 11-13.
48. Reilly T, Maskell p. Effects of altering the sleep-wake cycle on human rhythms and motor performance. *Proceeding of the first IOC congress on sports sciences , Colorado Spring 1989,*
49. Reilly T, Piercy M. The effect of partial sleep deprivation on weight lifting performance *Ergonomics* 1994, 37: 106-115.
50. Reilly t, Robinson G, Minors DS. Some circulatory responses to exercise at different times of day. *Med Sci Sports Exerc* 1984, 16:477-482.
51. Reilly T. Human circadian rhythms and exercice. *Crit Rev Biomed Eng* 1990, 18:165-180.
52. Reinberg A, Motohashi Y, Bourdeleau P. Alteration of period and amplitude of circadian rhytms in shiht workers. *Eur J Appl Physiol* 1988, 57: 15-25.
53. Robertson WG, Hodgkinson A, Marshall DH. Seasonal variations in the composition of urine from normal subjects: a longitudinal study. *Clin Chim Acta* 1977, 80: 347-353.
54. Sahiar F, Mohler SR. Economy Class Syndrome. *Aviat Space Environ Med* 1994. 65: 957-960.
55. Spitzer RI, Terman M, Williams JBW, Su Terman J. Jet lag: clinical features, validation of new syndrome-specific scale, and lack response to melatonin a radomizaed, double-blind trial. *Am J Psychiatry* 199, 156: 1392-1396.

56. Swoyer J, Haus E, Lakatua D. Chronobiology in the clinical laboratory In: Haus H, Kabat H. editors .Chronobiology 1982-1983. New York Karger 1984: 533-543.
57. Torii J, Shinkai S, Hino S. Effects of time of day on adaptative response to a 4-week aerobic exercise program. J Sports Med Phys Fitness 1992, 32 : 348-352.
58. Waterhousse J, Reilly T, Atkinson G,. Jet-Lag. Lancet 1997, 350: 1611-1616.
59. Waterhousse J, Reilly T, Atkinson G,. Melatonin and jet lag. Br J Sports Med 1998, 32 98-100.
60. Willich SN, Lewis M, Lowel H. Physical exertion as a trigger of acute myocardial infarction. N Engl J Med 1993, 329: 1684-1690.
61. Winget CM, DeRoshia CW, Holley DC. Circadian rhythms and athletic performance. Med Sci Sport Exerc 1985, 17: 498-516.
62. Winget CM, Soliman MRI, Holley DC. Chronobiology of physical performance and sport medicine. In Touitou Y, Haus E, eds Biologic rhythms in clinical and laboratory medicine. Berlin and Heidelberg . Springer Verlag 1992: 230-242.
63. Wright JE, Vogel JA, Samp JB, Knapik JJ, Patton JF, Daniels WL. Effects of travel across time zones (jet lag) on exercise capacity and performance. Aviat Spac Environ Med 1983, 54 : 132- 137.
64. Wurtman RJ, Nutrients that modify brain function. Sci Am 1982, 246: 50- 59
65. Zinzen E, Clarys JP, Cabri J, Vanderstappen D, Vanden Berg TJ. The influence of triazolam and flunitrazepam on isokinetic and isometric muscle performance. Ergometrics 1994, 37: 69-78.
66. Zulch KJ, Hossman V. 24-hour rhythm of human blood pressure. Ger Med Monthly 1967, 12: 513-518.

## **BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

- Andersen, P. 1975. Capillary density in skeletal muscle of man. *Acta Physiol. Scand.* 95:203-205.
- Appell, H.J. 1980. Morphological studies on skeletal muscle capillaries under conditions of high altitude training. *Int.J.Sports Med.* 1:103-109.
- Astrand, P-O. y Rodahl, K. 1986. *Textbook of Work Physiology.* New York. McGraw-Hill.
- Baldwin, K.M., Winder, W.W., Terjung, R.L. y Holloszy, O. 1973. Glycolytic enzymes in different types skeletal muscle: adaptation to exercise. *Am.J.Physiol.* 225:962-966.
- Bebout, D.E., Story, D., Roca, J., Hogan, M.C., Poole, P.C., Gonzalez-Camarena, R., Veno, O., Haab, P. y Wagner, P.D. 1989. Effects of altitude acclimatization on pulmonary gas exchange during exercise. *J.Appl.Physiol.* 67:2286-2295.
- Bender, P.R., Groves, B.M., McCullough, R.E., McCullough, R.G., Trad, L., Young, A.J., Cimerman, A. y Reeves, J.T. 1989. Decrease exercise muscle lactate release after high altitud acclimatization. *J.Appl.Physiol.* 67:1456-1462.
- Bigard, A.X. y Monod, H. 1989. Les modalités d'adaptation du muscle strié á l'altitude: aspects histologiques et métaboliques. *Science Sports.* 4:171-183.
- Blomqvist, C.G., Johnson, R.L. y Saltin, B. 1969. Pulmonary diffusing capacity limiting human performance at altitude. *Acta Physiol.Scand.* 76:284-287.
- Blomqvist, C.G. y Saltin, B. 1983. Cardiovascular adaptations to physical training. *Ann.Rev.Physiol.* 45:169-189.
- Bouissou, P., Peronnet, F., Guezennec, Y. y Richalet, J.P. 1987. *Performance et entraînement en altitude.* Lausanne. Vigot Publ.
- Brooke, M.H. y Kaiser, K.K. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind?. *Arch.Neurol.* 23:369-379.
- Burke, E.R., Cerny, F., Costill, D. y Fink, W. 1977. Characteristics of skeletal muscle in competitive cyclists. *Med.Sci.Sports Exerc.* 9:109-112.
- Buskirk, E.R., Kollias, J., Akers, R.F., Prokop, E.K. y Reategui, P. 1967. Maximal performance in altitude and on return from altitude in conditioned runners. *J.Appl.Physiol.* 23:259-266.

- Cerretelli,P. y Ferretti,G. 1990. Muscular Exercise at High Altitude. *Int.J.Sports Med.* Vol.11.Suppl.1:1-34.
- Clancy,L.J.,Critchley,J.A.,Letch,A.G.,Kirby,B.J.,Ungar,A. y Flenley,D.C. 1975. Arterial catecholamines in hypoxic exercise in man. *Clin.Sci.Mol.Med.* 49:503-506.
- Dempsey,J.,Hanson,P.,Pegelow,D. y Fregosi,R. 1982. Mechanical vs. chemical determinants of hyperventilation in heavy exercise. *Med.Sci.Sports Exerc.* 14:131.
- Dill,D.E.y Adams,W.C. 1971. Maximal oxygen uptake at sea level and at 3090 m. altitude in high school champion runners. *J.Appl.Physiol.* 30:854-859.
- Faulkner,J.A.,Daniels,J.T. y Balke,B. 1967. Effects of training at moderate altitude on physical performance capacity. *J.Appl.Physiol.* 23:85-89.
- Gollnick,P.D.,Armstrong,R.B.,Saubert,C.W.,Piehl,K. y Saltin,B. 1972. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J.Appl.Physiol.* 33:312-319.
- Gollnick,P.D.,Armstrong,R.B.,Saltin,B.,Saubert,C.B.,Sembrowich,W.L. y Shepherd,R.E. 1973. Effects of training on enzymes activity and fiber composition of human skeletal muscle. *J.Appl.Physiol.* 34:107-111.
- Greenleaf,J.E.,Bernauer,B.M.,Adams,W.C. y Luhos,L. 1978. Fluid-electrolyte shifts and VO<sub>2</sub> max in man at simulated altitude (2287m.). *J.Appl.Physiol.* 44:652-658.
- Gutierrez,A. 1987. Estudio sobre la adaptación del organismo al ejercicio físico tras el ascenso súbito a la altitud. Universidad de Granada, Tesis.
- Hackett,P.,Rennie,D. y Levine,H.D. 1976. The incidence, importance and prophylaxis of acute mountain sickness. *Lancet.* 2:1149-1154.
- Haggmark,T.A. 1978. A study of morphologic and enzymatic properties of the skeletal muscle after injuries and immobilization. Stockholm. Karolinska Institute, Thesis.
- Hanson,P.,Claremont,A.,Dempsey,J. y Reddan,W. 1982. Determinants and consequences of ventilatory responses to competitive endurance running. *J.Appl.Physiol.* 52:615-623.
- Henriksson,J. 1977. Training induced adaptation of skeletal muscle to endurance exercise. *J.Appl.Physiol.* 33:733-738.
- Holloszy,J.O. 1975. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise. *Med.Sci.Sports Exerc.* 7:155-174.
- Jones,N.L.,Roberston,D.G.,Kane,J.W. y Hart,R.A. 1972. Effects of hypoxia on free fatty acid metabolism during exercise. *J.Appl.Physiol.* 33:733-738.

- Kanstrup,I. y Ekblom,B. 1984. Blood volume and hemoglobin concentration as determinants of maximal aerobic power. *Med.Sci.Sports Exerc.* 16:256-262.
- Loeppky,J.A. y Bynum,W.A. 1970. Effects of periodic exposure to hypobaria and exercise on physical work capacity. *J.Sports Med.Phys. Fitness.* 10:238-247.
- Melichna,J.,Terrados,N.,Jansson,E. y Bartunek,Z. 1988. Aerobic capacity and muscle characteristics of Junior road cyclists. En: E.R.Burke,y M.M.Newson,eds. *Medical and Scientific Aspects of Cycling.* Champaign,Ill. Human Kinetics Books.
- Meyer,M.,Scheis,P.,Rielp,G.,Wagner,H-J. y Piiper,J. 1981. Pulmonary diffusing capacities for O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> measured by rebreathing technique. *J.Appl.Physiol.* 51:1643-1650.
- Milledge,J.S. y Catley,J.M. 1982. Renin, aldosteron and converting enzyme during exercise and acute hypoxia in humans. *J.Appl.Physiol.* 52:320-323.
- Mizuno,M.,Juel,C.,Bro-rasmussen,T.,Mygind,T., Schibye,B., Rasmussen,B. y Saltin,B. 1990. Limb skeletal muscle adaptation in elite athletes after training at altitude. *J.Appl.Physiol.* 68:496-502.
- Reuschlein,P.S.,Reddan,W.,Burpee,J.,Bee,J.B.L. y Rankin,J. 1968. Effect of physical training on the pulmonary diffusing capacity during submaximal work. *J.Appl.Physiol.* 24:152-158.
- Reynafarje,B. 1972. Myoglobin content and enzymatic activity of muscle and altitude adaptation. *J.Appl.Physiol.* 17:301-305.
- Richalet,J.P. 1984. *Medicine de l'alpinisme.* Paris. Ed.Masson.
- Richalet,J.P., Merlet,P., Bourguignon, M., Le-Trong,J.L., Keromes,A., Rathat,C., Jouve,B., Hot,M.A., Castaigne,A. y Syrota,A. 1990. MIBG scintigraphic assessment of cardiac adrenergic activity in response to altitude hypoxia. *J.Nucl.Med.* 31:34-37.
- Rose,M.S.,Houston,C.S.,Fulco,C.S.,Coates,G. Sutton,J.R. y Cymerman,A. 1988. Operatio Everest II: nutrition and body composition. *J.Appl.Physiol.* 65:2545-2551.
- Rowell,L.B.,Taylor,H.L.,Wang,Y. y Carlsson,W.S. 1954. Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercise. *J.Appl.Physiol.* 19:284-286.
- Saltin,B. 1964. Aerobic work capacity and circulation at exercise in man. *Acta Physiol.Scand.* 62(suppl.230).
- Saltin,B. 1967. Aerobic and work capacity at 2300 m. *Med.Thorac.* 24:205-210.
- Saltin,B. y Astrand,P-O. 1967. Maximal oxygen uptake in athletes. *J.Appl.Physiol.* 22:353-358.

- Segal,S.S. 1992. Convection, diffusion and mitochondrial utilization of oxygen during exercise. En: C.V.Gisolfo, D.R.Lamb y B.Saltin, eds. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Vol.5: Energy Metabolism in Exercise and Sport. Carmel, Indiana. Benchmark Press. En imprenta.
- Sharma,S.C.,Hoon,R.S.,Balasubramanian,V. y Chadha,K.S. 1978. Urinary catecholamines excretion in temporary residents of high altitude. J.Appl.Physiol. 44:725-727.
- Sheperd,D.y Garland,P.B. 1969. Citrate Synthase from rat liver. En: Lowenstin,J.M.ed. Methods in Enzymology, Citric Acid Cycle. New York. Academic Press. vol.XIII:14-17.
- Sillau,A.H. y Banchemo,N. 1979. Effects of hypoxia on capillary density and fiber composition in rat skeletal muscle. Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 160:368-373.
- Squires,R.W. y Buskirk,E.R. 1982. Aerobic capacity during acute exposure to simulated altitude, 914-2286 metres. Med.Sci.Sports Exerc. 14:36-40.
- Sutton,J.,Jones,N.,Griffith,L. y Pugh,C.E. 1983. Exercise at Altitude. Ann.Rev.Physiol. 45:427-437.
- Terblanche,S.E.,Groenenwald,A.,Van der Linde,A., Wolfswinkel,J.M.,Jooste,P.L. y Celofsen,W. 1984. A comparative study of the effect of training at altitude and sea level on endurance and certain biochemical variables. Comp.Biochem.Physiol. 78:21-26.
- Terrados,N. 1986. Competición y entrenamiento en altitud. Medicina y Deporte. 2:17-20.
- Terrados,N. 1988. Bases médicas y fisiológicas del calentamiento y el estiramiento como prevención de lesiones deportivas. Medicina del Ejercicio(Uruguay). Vol.2,2:23-25.
- Terrados,N. 1992. Altitude training and muscular metabolism. Int.J.Sports Med. Vol 13, Suppl 1, S206-S209.
- Terrados,N.,Jansson,E.,Sylvén,C. y Kaijser,L. 1990. Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?. J.Appl.Physiol. 68:2369-2372.
- Terrados,N. y Marin,B. 1985. Lipoproteínas de alta densidad y ejercicio físico. Apunts Med.Dep. Vol.XXII,85:7-16.
- Terrados,N.,Melichna,J.,Jansson,E. y Kaijser,L. 1988. Effects of training at simulated altitude in performance and muscle metabolic capacity. Eur.J.Appl.Physiol. 57:203-209.
- Terrados,N.,Melichna,J.,Sylvén,C. y Jansson,E. 1986. Decrease in skeletal muscle myoglobin with intensive training in man. Acta Physiol.Scand. 128:651-652.

Terrados,N.,Mizuno,M. y Andersen,H. 1985a. Reduction in maximal oxygen uptake at low altitudes; role of training status and lung function. Clin.Physiol. 5(suppl.3):75-79.

Terrados,N.,Mizuno,M. y Andersen,H. 1985b. Efecto de altitudes moderadas (900, 1200, y 1500 m. sobre el nivel del mar) en el consumo máximo de oxígeno. Apunts Med.Dep. Vol.XXII,86:97-101.

Thews,G. y Schmidt,W. 1976. Partitioning of the alveolar-arterial O<sub>2</sub> pressure difference under normal, hypoxic and hyperoxic conditions. Respiration. 33:245-255.

West,J.B. 1990. Limiting factors for exercise at extreme altitudes. Clin.Physiol. 10:265-272.

Young,A.J.,Evans,W.J.,Cimerman,A.,Pandolf,K.B.,Knapik,J.J. y Maher,J.T. 1982. Sparing of chronic high-altitude exposure on muscle glycogen utilization. J.Appl.Physiol. 52:857-862.