

LIMITES DE FATIGA FISIOLÓGICA UTILIZANDO NUEVAS TECNOLOGÍAS

Esteban Oñate y Elías Apud

Unidad de Ergonomía, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Concepción. CHILE

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE CAPACIDAD FÍSICA

La capacidad física de trabajo no puede ser definida en forma precisa con un criterio único. Los factores que condicionan la aptitud física se pueden resumir de la siguiente forma:

Procesos generadores de energía

- Aeróbicos
- Anaeróbicos

Función neuromuscular

- Fuerza
- Técnica

Factores psicológicos

- Motivación
- Tácticas

De todos estos factores, se ha demostrado en reiteradas ocasiones, que la capacidad máxima de los procesos aeróbicos, es un indicador confiable de la capacidad del hombre para realizar trabajos físicos dinámicos. Actualmente, la capacidad aeróbica se acepta como un estándar internacional de referencia para estudiar la aptitud física de diversas poblaciones.

2. LA CAPACIDAD AEROBICA

Capacidad aeróbica es sinónimo de consumo máximo de oxígeno (se abrevia como $\text{VO}_2 \text{ max}$), el cual refleja la capacidad combinada de los sistemas cardiovascular y respiratorio para obtener, transportar y entregar oxígeno a los músculos durante el trabajo, como también la eficiencia de este tejido para metabolizar oxígeno. Esta variable, se presenta habitualmente en litros de oxígeno consumido por minuto o en mililitros de oxígeno por minuto y por kilogramo de peso corporal. La segunda forma de expresión se utiliza porque mientras mayor es el peso corporal, mayor es el gasto de energía en actividades que requieren desplazarlo. Por ejemplo, si dos personas tienen una capacidad aeróbica de $3.0 \text{ lO}_2/\text{min}$, pero una pesa 60 kg. y la otra 90 kg., sus capacidades aeróbicas por kilogramo de peso corporal, serán $50 \text{ mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$ y $33.3 \text{ mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$, respectivamente. De manera tal que, en la práctica, si los dos sujetos, caminan juntos a igual velocidad, la persona de mayor peso, no sólo gastará más energía, sino que también enfrentará la actividad con una menor capacidad aeróbica relativa.

La capacidad aeróbica no es una variable estática ya que está influenciada por la herencia, el sexo, la edad, y por el tamaño y la composición corporal. Tiende a ser menor en la mujer y a alcanzar su punto más alto entre los 20 y los 25 años, para luego decrecer gradual y progresivamente. Esto es lo que se detecta cuando se observan promedios grupales. Sin embargo, la capacidad aeróbica se modifica substancialmente con la actividad física y el sedentarismo, de manera tal que estas tendencias no necesariamente se cumplen cuando se compara individuos.

Como el conocimiento de la capacidad aeróbica es importante para lograr buenos rendimientos, sin que los trabajadores se fatiguen, su medición o estimación ha sido una preocupación permanente de los especialistas en fisiología del trabajo. Por esta razón, a continuación analizaremos algunas de las técnicas más confiables para la medición y estimación de la capacidad aeróbica.

Como el conocimiento de la capacidad aeróbica es importante para lograr buenos rendimientos, sin que los trabajadores se fatiguen, su medición o estimación ha sido una preocupación permanente de los especialistas en fisiología del trabajo. Por esta razón, a continuación analizaremos algunas de las técnicas más confiables para la medición y estimación de la capacidad aeróbica.

La única forma de medir la capacidad aeróbica en forma directa es sometiendo al sujeto en estudio a pruebas de esfuerzo máximo. La técnica es compleja y puede involucrar problemas para personas con afecciones cardiovasculares o respiratorias. Por esta razón, la medición directa del consumo máximo de oxígeno, debe practicarse sólo en laboratorios bien equipados que cuenten con asistencia médica, por si se presenta alguna emergencia

Por las dificultades señaladas, se han realizado intentos para desarrollar técnicas indirectas que permitan predecir el consumo máximo de oxígeno, a partir de la respuesta de los sujetos a esfuerzos submáximos sin exponer a los trabajadores a ejercicios extremos. La mayoría de estos métodos se basan en la relación directamente proporcional que existe entre el consumo de oxígeno y la frecuencia cardiaca. Sin embargo, las alternativas más simples pueden inducir a grandes errores.

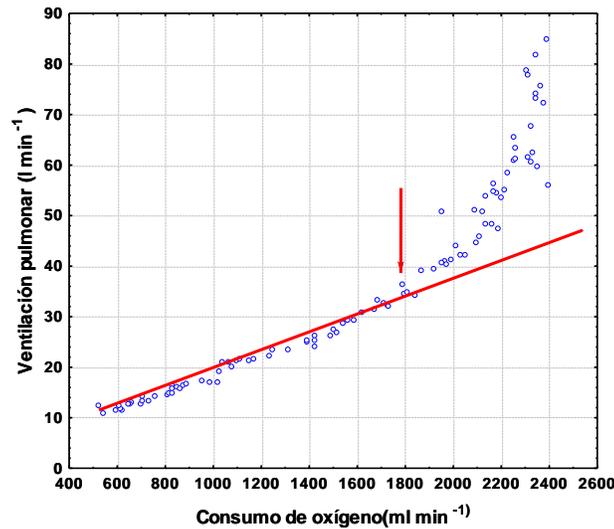
3. LAS NUEVAS TENDENCIAS

Considerando los problemas antes señalados, hoy en día existe la posibilidad de usar otro tipo de pruebas fisiológicas derivadas del concepto de umbral anaeróbico o umbral de lactato que, en la práctica, es lo que marca el punto en que un trabajador comienza a sentirse fatigado. Hasta hace algunos años atrás, se tenía escasa información del umbral anaeróbico de trabajadores, ya que su medición es invasiva y requiere muestras de sangre seriadas, para determinar el punto de esfuerzo en que el ácido láctico comienza a acumularse. Por este motivo, en la actualidad diversos investigadores se han abocado al estudio de técnicas no invasivas para estimar el umbral anaeróbico, entre las cuáles el umbral ventilatorio, es una de las más aceptadas. Estas técnicas, tienen su fundamento en que, cuando aumentan las necesidades de energía por esfuerzo dinámico, se incrementa proporcionalmente el consumo de oxígeno, la frecuencia cardiaca y la ventilación pulmonar. Sin embargo, al superar el umbral anaeróbico, se produce un aumento desproporcionado de la ventilación pulmonar, en relación al consumo de oxígeno y a la frecuencia cardiaca, manteniéndose la proporcionalidad sólo entre estas últimas dos variables.

Para realizar estas pruebas, se utiliza generalmente una plataforma rodante. El consumo de oxígeno, la frecuencia cardiaca y la ventilación pulmonar se miden en esfuerzos incrementales, idealmente en forma continua.

A manera de ejemplo, en la figura 1, se puede ver un trazado obtenido al medir consumo de oxígeno, frecuencia cardiaca y ventilación pulmonar en un trabajador durante una prueba de esfuerzo. Como se observa, en los ejercicios iniciales, la relación es lineal, pero a medida que aumenta la carga de trabajo, llega un punto en que se produce un quiebre, en que la persona comienza a aumentar en mayor magnitud el volumen de aire que respira por minuto. En este punto se estima el umbral anaeróbico, lo que en los gráficos está marcado con una flecha.

Figura 1. Estimación del umbral anaeróbico a partir del umbral ventilatorio.



Como se ilustra en la figura 1, se produce un aumento lineal entre la ventilación pulmonar, y el consumo de oxígeno hasta que la ventilación comienza a incrementarse en mayor proporción. Este punto corresponde al umbral ventilatorio e indica el consumo de oxígeno por sobre la cual el sujeto comienza a fatigarse.

Se han realizado escasos estudios para determinar el umbral ventilatorio en trabajadores. Entre ellos, podemos citar la información aportada por Apud et. al (2009), en una muestra de 33 trabajadores que realizaban actividades de alto gasto de energía. En dicho estudio, el promedio para esta variable se situó en 53.8% de la capacidad aeróbica, equivalente a 1.71 litros de oxígeno por minuto y a un gasto energético de 8.4 Kilocalorías por minuto.

Esta información es coincidente coincide con lo reportado por otros investigadores, que señalan que el surgimiento de la anaerobiosis, ocurre entre el 50 y 60% de la capacidad aeróbica. Sin embargo, por su relevancia, es importante destacar que esta variable depende también del entrenamiento, habiéndose observado, en algunos corredores de larga distancia, umbrales del orden del 85%. En Chile, según los estudios de Apud, Meyer y Maureira (2002), los brigadistas de incendios forestales, que constituyen una “elite” por su buena condición física, alcanzan

umbrales promedio de 60% de la capacidad aeróbica. En todo caso, como se analizará en la presentación, lo importante para evitar la fatiga, es que si los trabajadores superan el umbral anaeróbico, lo hagan por tiempos breves, seguidos de pausas, incluso dinámicas, en el sentido de que ellos pueden seguir haciendo la misma u otra actividad, pero a un ritmo menor.

BIBLIOGRAFÍA

Apud, E. y Meyer, F. (2009) *“Ergonomía para la industria minera”*, Santiago, Chile: Ideograma.

Apud, E., Meyer, F. & Maureira, F. (2002), *“Ergonomía en el combate de incendios forestales”* Concepción, Valverde.