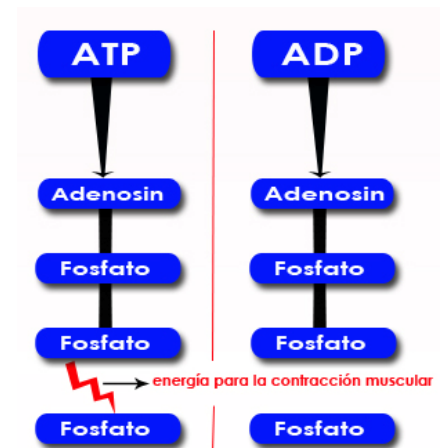


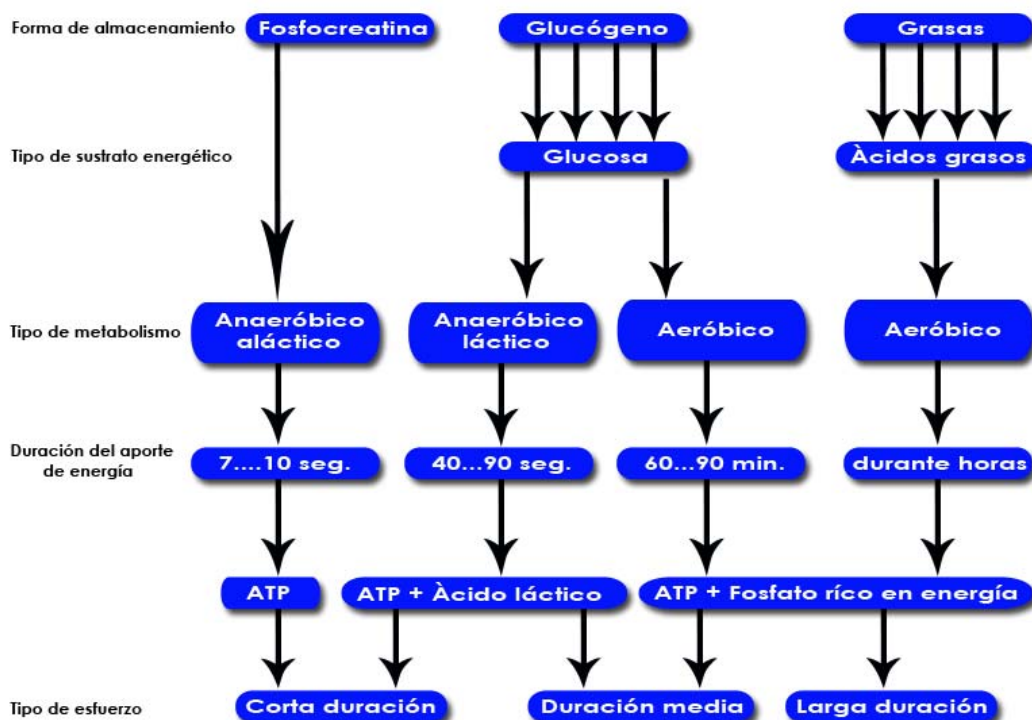
“FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS Y UTILIDAD DE LA APLICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LACTATO”

FORMACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO EN EL CUERPO

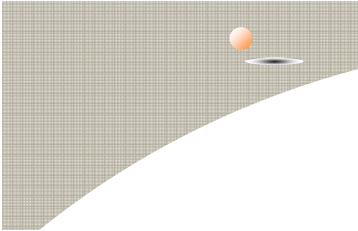
El acondicionamiento físico busca el mejoramiento de las funciones corporales y el aumento de la duración e intensidad de ejecución de la actividad física. Los músculos requieren para su buen funcionamiento un suministro adecuado de energía. La energía utilizada para la contracción de las células musculares es suministrada por la ruptura (hidrólisis) del enlace terminal del ATP (adenosintrifosfato o trifosfato de adenosina) el cual es un compuesto de alta energía rico en fosfatos. Esta reacción es conocida como “Liga de la fosfatasa” o “Reacción de la fosfatasa”. Los almacenes musculares de ATP son muy pequeños y al realizar un esfuerzo muscular las reservas de este se agotan rápidamente. Para que la célula pueda seguir trabajando se requiere que el ATP se vuelva a sintetizar lo más rápidamente posible. Los “ladrillos” utilizados para la síntesis de ATP se encuentran entre sus productos de degradación, adenosindifosfato (ADP) y fosfato inorgánico (P_i), mientras que la energía requerida para resintetizar el ATP proviene de tres diferentes series de reacciones químicas que se producen en el organismo. La vía de los fosfágenos (ATP-FC), la vía anaeróbica láctica y la vía aeróbica.



Esquema simplificado de la hidrólisis de ATP.

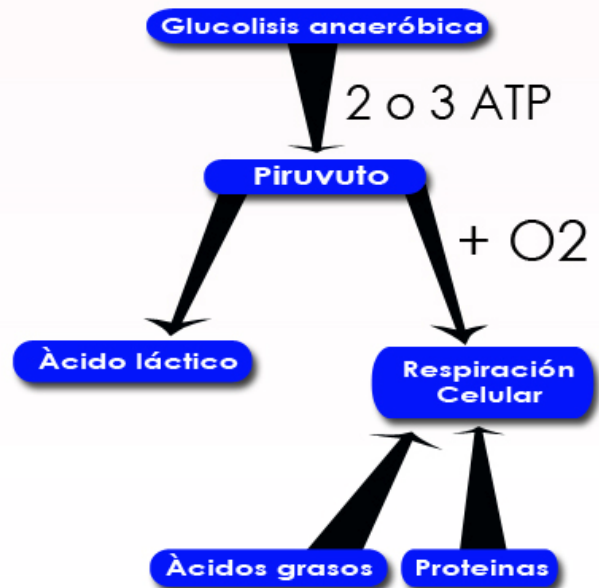


Esquema simplificado del metabolismo energético.



Muestreo de sangre capilar del lóbulo de la oreja.
Janina-Kristin Götz
Bronze 4*200 Free
Atenas 2004.

Cuando el cuerpo realiza un esfuerzo moderado y existe un suministro suficiente de oxígeno, la energía requerida para la síntesis de ATP es proporcionada por la hidrólisis de la glucosa y/o de los ácidos grasos, provenientes de los alimentos ingeridos y/o de las reservas corporales. Esta forma de generar energía que está relacionada con la utilización de oxígeno se conoce como **metabolismo aeróbico** (respiración celular), este metabolismo es muy eficiente pero suministra una cantidad limitada de energía por unidad de tiempo. De acuerdo al esfuerzo realizado y a las necesidades energéticas la respiración



Esquema simplificado de la metabolización del piruvato.

„Conocer mi respuesta metabólica al esfuerzo, permite a mi entrenador ajustar las intensidades y cargas de entrenamiento“
-Janina-Kristin Götz.

celular se ajusta, pero al aumentar el esfuerzo el suministro de oxígeno a las células musculares comienza a ser insuficiente, superando la demanda de energía a la velocidad de síntesis de ATP por parte del metabolismo aeróbico, convirtiéndose transitoriamente el piruvato producido por el **metabolismo anaeróbico** en Ácido Láctico. Cuando el requerimiento de energía por unidad de tiempo supera la capacidad del metabolismo aeróbico para aprovechar el oxígeno presente, la mayor parte de ATP se obtiene a través de sistema de degradación parcial de los carbohidratos, es decir, de la **glucólisis anaeróbica** o **metabolismo anaeróbico láctico**, este tipo de obtención de energía se conoce como **energía láctida**. Al no participar en este sistema el oxígeno se metaboliza el piruvato en Ácido Láctico, cuya sal se conoce como "**Lactato**". De esta manera el Ácido Láctico se va acumulando en las células musculares, acidificando (disminuyendo el pH) el tejido celular. Este cambio de pH altera las condiciones enzimáticas óptimas de la células, para que se lleve a cabo la glucólisis anaeróbica, disminuyendo la capacidad de trabajo de los músculos y consecuentemente el rendimiento del deportista.



Display del Lactate Scout.

CONCENTRACIONES DE ÁCIDO LÁCTICO EN EL CUERPO

La variación de la concentración del Ácido Láctico en las células musculares se ve reflejada en la concentración de Lactato en sangre. Esto se debe a que el Ácido Láctico producido dentro de la célula muscular se difunde al torrente sanguíneo, donde es transportado a otras células musculares que se encuentren trabajando a una menor intensidad y que cuenta con un suministro adecuado de oxígeno pudiendo metabolizar al Ácido Láctico a Piruvato. La concentración de Lactato o sal de Ácido Láctico en la sangre es medible y se conoce como "Valor de Lactato" o "Reflejo Láctico".

Como se comentó anteriormente el suministro del ATP se realiza por tres vías:

- Fosfágenos almacenados (ATP y fosfocreatina).
- Glucólisis anaeróbica,
- Metabolismo aeróbico o respiración celular.



Esquema simplificado del continuo energético y balance de los sistemas energéticos.

La proporción en la que participan estos sistemas en el suministro de energía depende de la carga de trabajo que realice el cuerpo (duración e intensidad del ejercicio), pero siempre operan en la forma de un continuo energético en el cual se complementan.

También en el estado de reposo operan los tres sistemas de suministro energético, sin embargo, ya que la demanda de energía durante el reposo es suministrada principalmente por el metabolismo aeróbico, la mayor parte del Piruvato que es producido por el metabolismo anaeróbico es utilizado por el metabolismo aeróbico para producir más energía y únicamente una pequeña cantidad de este es transformada en Ácido Láctico, por lo cual, la concentración de Lactato encontrada en sangre durante el reposo es baja, siendo esta de alrededor de 1,0 mmol/L a 2,0 mmol/L. Esto es un indicador de la gran participación del metabolismo aeróbico en la producción de ATP, razón por la cual, si se tiene como objetivo principal al hacer ejercicio el quemar grasa, este se debe realizar a intensidades de trabajo en las cuales la concentración de Lactato en sangre sea alrededor de 2,0 mmol/L.

Cuando se realiza un trabajo más intenso, el metabolismo de las células musculares cambia paulatinamente, incrementándose la participación de la glucólisis

anaeróbica, con ello aumenta el uso de la glucosa como fuente de energía. Esta glucosa proviene de los carbohidratos almacenados en forma de glucógeno en los músculos e hígado, disminuyendo con esto la participación de las grasas como fuente de energía. Así mismo, comienza a formarse más Piruvato del que puede ser utilizado por el metabolismo aeróbico de estas células, como consecuencia el exceso de Piruvato es transformado en Ácido Láctico, el cual es entonces transportado por la sangre a otras células musculares, elevándose así la concentración de Lactato en sangre. El punto en donde comienza a ser mayor la participación del metabolismo anaeróbico, se conoce como "**Umbral Aeróbico**" (UA).

Si se aplica una carga de trabajo constante, se tiene como reflejo un aumento del valor de Lactato en sangre, el cual a su vez se mantiene constante a un nuevo nivel. De tal manera que la formación y eliminación de Lactato se encuentran en equilibrio, a este estado se conoce como "**Estado Estable**". Este efecto se repite al aumentar escalonadamente la carga de trabajo o intensidad del esfuerzo, sin embargo, se va alcanzando una intensidad tal, en la cual a pesar de que el esfuerzo se mantenga constante, la concentración de Lactato ya no se va mantener constante, a este punto se le conoce como "**Umbral Anaeróbico Individual**" (UANI o ANIS) y es un indicador de que la formación de Lactato es más rápida que la eliminación del mismo y de que la energía está siendo principalmente suministrada por el metabolismo anaeróbico láctico. Si a partir de este punto se continúa incrementando la carga de trabajo la concentración de Ácido Láctico comienza a aumentar drásticamente, pudiéndose alcanzar concentraciones de Lactato en sangre de hasta 20 mmol/L en el límite del desempeño del sujeto a prueba.

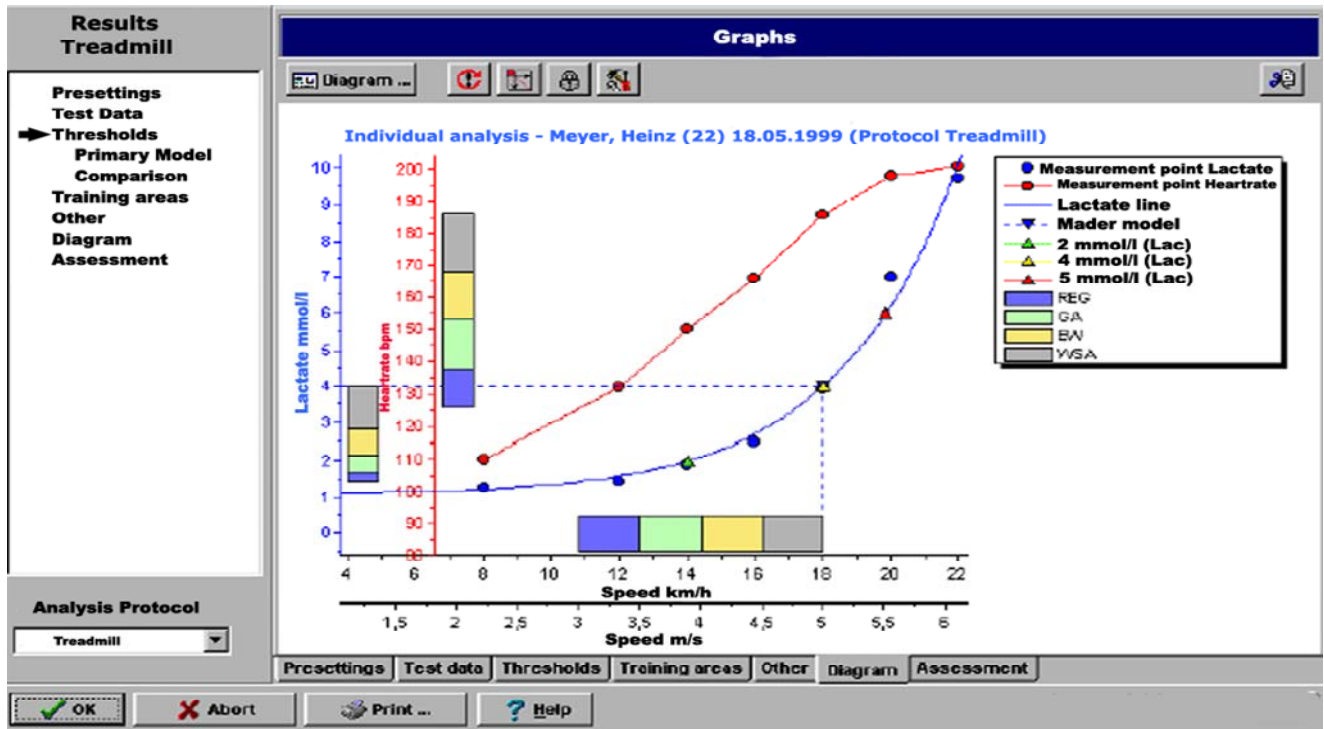
SIGNIFICADO DEL UMBRAL ANAERÓBICO INDIVIDUAL

El científico y entrenador Alois Mader fue el primero en determinar a base de medición de Lactato en sangre el Umbral Anaeróbico Individual. Sin embargo, en la actualidad existen alrededor de 15 diferentes métodos para obtener el valor del UANI, la mayoría de ellos se basan en una aproximación diferente para la medición de la concentración de Lactato, el software [Winlactate](#) de la compañía MESICS de Alemania (versión disponible en inglés), permite la determinación del UANI utilizando cualquiera de los métodos existentes.

„Algunos teóricos y entrenadores prefieren sustituir el término de Umbral Anaeróbico individual por el de Máximo Estado Estable de Lactato, pero se refiere a lo mismo“



Con ayuda del Lactate Scout, ergómetro Cyclus 2 y el software Winlactate, es muy fácil determinar el UANI.



El valor del umbral anaeróbico se encuentra normalmente en un promedio de 4 mmol/L de Lactato, sin embargo, este valor no siempre corresponde a las condiciones del metabolismo individual de cada persona. Por ejemplo: el umbral anaeróbico de una persona no entrenada se puede encontrar en un rango de concentración de entre 5 y 6 mmol/L de Lactato, mientras que en personas altamente entrenadas el umbral anaeróbico se puede encontrar en un valor de 2.5 a 3 mmol/L de Lactato. Por esta razón se introdujo el concepto del umbral anaeróbico individual (UANI ó IANS).

Es importante que se estudie cuidadosamente el método de determinación del UANI por medio de mediciones de Lactato que se va utilizar, así como la forma de interpretar correctamente los resultados del mismo para poder evaluar adecuadamente el rendimiento de los individuos sujetos de medición. Es recomendable que los deportistas amateurs y los atletas de alto rendimiento consulten a un médico del deporte o a un entrenador, para que este determine los parámetros óptimos de entrenamiento en base a la interpretación correcta de los valores obtenidos de Lactato.

„El software Winlactate, te permite utilizar cualquiera de los 15 diferentes modelos de determinación del UANI basandose en una curva de lactato“

METABOLISMO DE DEGRADACIÓN DEL LACTATO EN EL CUERPO

El Lactato se puede metabolizar en el cuerpo de diversas formas. Cuando la carga de trabajo del músculo disminuye y el suministro de energía vuelve a realizarse principalmente a través del metabolismo aeróbico, el Lactato se transforma en Piruvato, el cual, es utilizado por este metabolismo para producir más ATP. Otra parte del Lactato es transportado en el torrente sanguíneo hacia otros tejidos, como son los músculos menos activos o con menos carga de trabajo, el hígado, los riñones y el corazón. En el hígado el Lactato es utilizado para sintetizar glucosa, disminuyendo así las concentraciones de Lactato en la sangre y en los músculos activos.



Molécula de lactato.

La reducción de la concentración del Lactato en sangre durante la recuperación después de una carga fuerte de trabajo y realizando a una carga ligera de trabajo puede ser de hasta 0.5 mmol/L por minuto. Cabe mencionar que el Lactato se metaboliza de manera más lenta si después de haber realizado un esfuerzo que causo la acumulación de Lactato se mantienen inactivos los músculos.





Esquema simplificado de la metabolización del ácido láctico.

USO DEL VALOR DE LACTATO EN EL MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO FÍSICO

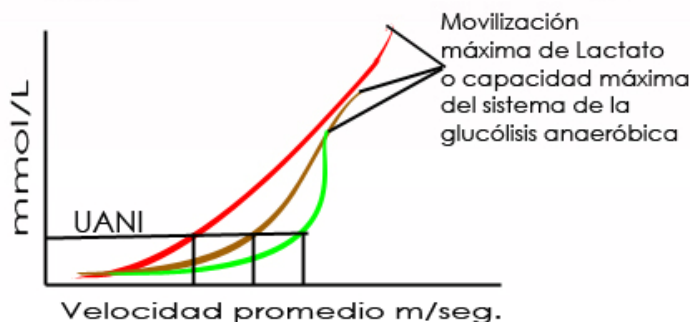
Investigaciones en el área del deporte han demostrado que el llevar a la práctica un programa de entrenamiento de resistencia diseñado en base a los valores de Lactato en sangre da como resultado un mayor rendimiento. Produciéndose una notable mejoría en la eficiencia de la resistencia, cuando el individuo como consecuencia de su carga de entrenamiento se encuentra entrenando dentro de los parámetros del umbral aeróbico-anaeróbico. Este proceso también conlleva un aumento en la concentración de las enzimas que participan en el metabolismo aeróbico, el aumento y crecimiento de las mitocondrias, el mejoramiento de los capilares del sistema de absorción de las células musculares y un aumento de la eficiencia del sistema cardiovascular.

Todos estos factores tienen como resultado que el umbral anaeróbico se vaya alcanzando de manera paulatina a una carga de trabajo relativamente mayor, es decir, el

porcentaje de energía producido por la respiración celular aumenta inclusive a cargas de trabajo mayores, lo que retrasa la acumulación de Ácido Láctico. Esto permite que se mantengan dentro de la célula las condiciones óptimas de pH para que las enzimas de las células funcionen adecuadamente y también significa que las grasas serán utilizadas junto con los carbohidratos como combustibles para la obtención de energía, aumentando así la capacidad de rendimiento del atleta. El sistema de la glucólisis anaeróbica se encuentra a su óptimo cuando está desarrollado a su máximo, pero este sistema debe de ser afinado para encontrar un balance óptimo de desarrollo, debiéndose de ajustar al nivel del sistema aeróbico, la etapa de entrenamiento y a la duración del esfuerzo. El balance entre los sistemas energéticos requerido para un corredor de 200 metros es muy diferente al balance requerido por un corredor de 1500 metros o al de un corredor de 10000 metros.

Cuando se trata de cargas de trabajo explosivas de corta duración como en un sprint, las cuales requieren un suministro de energía anaeróbica muy alta, las células musculares se entrenan para tolerar una gran concentración de Lactato. La movilización máxima de Lactato o capacidad máxima del sistema de la glucólisis anaeróbica está determinado genéticamente y es difícilmente superable, sin embargo, dependiendo del tipo de entrenamiento es posible disminuir la capacidad de este sistema y también es posible regresar este

	Velocista	1/2 Fondista	Fondista
Distancia	Velocidad promedio m/seg.		
200m	9,9	9,3	8,1
1500m	4,7	6,8	6,3
10000m	4,0	5,1	5,9



Balance de la producción de energía, diferencia entre las curvas de Lactato entre velocista, 1/2 fondista y fondista.

sistema a su capacidad original.

La principal diferencia entre dos corredores de Elite uno de 400 metros y un corredor de 10000 metros, no se encuentra en la capacidad del sistema aeróbico ya que ambos lo tienen sumamente desarrollado, más bien, la diferencia está en la capacidad del sistema de la glucólisis anaeróbica, que en el corredor de 400 metros se encuentra desarrollado a su máxima capacidad, permitiéndole desarrollar más energía por unidad de tiempo para esta prueba, pero a su vez limita a este corredor para poder realizar esfuerzos máximos más prolongados, debido a la disminución del pH dentro de la célula, provocado por la mayor acumulación de Ácido Láctico, que como explicamos anteriormente, ocasiona que se pierden las condiciones óptimas para la producción de energía.

La importancia del desarrollo del sistema aeróbico para un velocista, radica en que entre más eficiente sea



este metabolismo, más rápido podrá eliminar el Ácido Láctico producido por el entrenamiento específico de este tipo de pruebas, protegiendo sus células de permanecer mucho tiempo con un pH bajo, lo cual limitaría su capacidad de desempeño anaeróbico.

Así mismo, para un maratonista es importante del desarrollo del sistema de la glucólisis anaeróbica, debido a que esto le permitirá el poder tolerar entrenamientos de mayor intensidad y de esta manera poder desarrollar su capacidad aeróbica sin riesgo de provocar un sobre entrenamiento.

En un sobre entrenamiento se sobrepasa constantemente el umbral aeróbico-anaeróbico y se generan altas concentraciones de Lactato que son lentamente metabolizadas, debido a lo cual se sobre acidifican las células musculares de tal manera que la capacidad de rendimiento de los músculos involucrados disminuye rápidamente y los cambios estructurales que se buscan alcanzar a nivel celular escasamente se realizan.

Existen diferentes formas de valorar el esfuerzo físico, sin embargo, el uso correcto del muestro de Lactato en sangre a mostrado ser el más eficiente.



„Lactómetro portátil
Lactate Scout, medición
precisa de lactato en 15
sgundos“

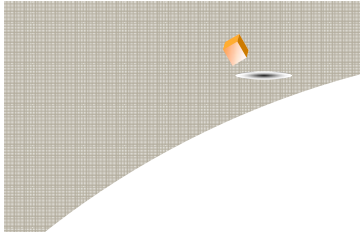
Confiability del resultado				
Tipo de control	Simplicidad de la prueba	Desempeño fisiológico	Intensidad & volumen del entrenamiento	
Esfuerzo percibido	++	-	--	--
Resistencia	+	+	++	+
Control del Pulso	++	- +	- +	---
Lactato	-	+++	+++	++
Espirometría	---	- +	++	+

Tabla comparativa de los diferentes tipos de control del entrenamiento.

Gracias al analizador portátil **Lactate Scout** es posible y económico realizar un muestro constante de Lactato en sangre. Permittiéndonos de esta manera determinar la respuesta metabólica al esfuerzo, así como conocer la proporción en la que los sistemas energéticos se encuentran trabajando, lo cual ayuda a ajustar las cargas de trabajo de manera óptima para lograr el balance buscado de los sistemas energéticos para alcanzar un rendimiento pico. El llevar un control regular permite verificar que el atleta este realizando los entrenamientos en la intensidad adecuada, evitando de esta manera un sobre entrenamiento o un bajo entrenamiento, logrando así una adaptación óptima al esfuerzo.

BIBLIOGRAFÍA

- Fabian, K., Eisenkolb, Saueremann, A.: *Praktikable Trainingssteuerung im leichtathletischen Langsprint durch Blutlaktatmessung*, Leistungssport 27(1997)4, 14-16
- Fabian, K.: *Zur Qualität der Laktatanalytik*, Leistungssport 28(1998)1, 42
- Föhrenbach, R., Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Vellage, E., Hollmann, W.: *Wettkampf- und Trainingssteuerung von Marathonläuferinnen und -läufern mittels leistungsdiagnostischer Feldtestuntersuchungen* in Franz, I.-W., Mellerowicz, H., Noack, W. (Hrsg.): *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt*, Deutscher Sportärztekongress, Berlin, 27.-29.09. 1984, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 770-777
- Heck, H., Hess, G., Mader, A.: *Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat-Schwellenwertkonzepten*, Dt. Zeitschrift für Sportmedizin (1985)1, 19-25
- Hollmann, W., Mader, A., Heck, H., Liesen, H., Olbrecht, J.: *Laktatdiagnostik - Die Entwicklung und praktische Bedeutung in der Sportmedizin und klinischen Leistungsdiagnostik*, Medizintechnik 105(1985)5, 1 54-162
- Jablonski, D., Liesen, D., Kraus J., Mödder, H.: *Intensitätssteuerung und Leistungsbeurteilung beim Jogging*, Fortschr. Med. 1 03(1985)4, 47-50
- Keul, J., Simon, G., Berg, A., Dickhuth, H.-H., Gvertler, I., Kübel, R.: *Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung*, Dt. Zeitschrift für Sportmedizin (1979)7, 212-218.
- Neumann, G.: *Sportmedizin. Grundlagen der Ausdauerentwicklung*, Medizin und Sport (1984)6, 174-178 Neumann, G., Pfützner, A., Hottenrott, K.: *Alles unter Kontrolle*, Meyer u. Meyer Verlag 2000, Aachen
- Simon, G., Berg, A., Dickhuth, H.-H., Simon-Alt, A., Keul, J.: *Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit von Alter und Leistungsfähigkeit*, Dt. Zeitschrift für Sportmedizin (1981)1, 7-14
- Simon, G., Haaker, R., Jung, K., Bockhorst, J.: *Verhalten von Laktat, Atem- und Blutgasen an der aeroben und anaeroben Schwelle*, in Franz, I.-W., Mellerowicz, H., Noack, W. (Hrsg.): *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt*, Deutscher Sportärztekongress, Berlin, 27.-29.09. 1984, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 819-825
- Völker, K., Gracher, M., Wibbels, T., Hollmann, W.: *Über die Notwendigkeit der Steuerung der Belastungsintensität im Breitensport* in Franz, I.-W., Mellerowicz, H., Noack, W. (Hrsg.): *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt*, Deutscher Sportärztekongress, Berlin, 27.-29.09. 1984, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 547-552
- Zintl, F., Eisenhut, A.: *Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung*, BLV Verlagsgesellschaft München Wien Zürich, 5 überarb. Auflage, 2001



SPORT and Fitness Technology

Teya 219 Residencial Jardines del Ajusco
CP 14200, México D.F.

Telefono: ++ 52 55 56312600
Fax: ++ 52 55 56312628
E-Mail: info@spofitec.com.mx

„La nueva forma de alcanzar el éxito“

spofitec
SPORT AND FITNESS TECHNOLOGY

Lactate SCOUT

EKF
DIAGNOSTIC

SPIRO TIGER[®]
Respiratory endurance training

SPINAL MOUSE[®]
The Future in Spinal Assessment

Visitanos en:
www.spofitec.com.mx



Lactate SCOUT

Ficha técnica:



Rango de medición:	0,5 - 25 mmol/L.
Volumen de la muestra:	0,5 µL.
Tipo de muestra:	Sangre capilar.
Tiempo de medición:	15 segundos.
Coefficiente de variabilidad:	3 - 8% dependiendo de la concentración.
Tipo de sensor:	Tira reactiva desechable.
Opciones de medición:	Medición simple y medición de prueba escalonada.
Lectura:	Lactato, ID de la memoria, fecha/hora, tipo de medición y temperatura.
Memorias:	250 memorias.
Display:	Display LC con múltiples parámetros.
Navegación:	Botón - Perilla de control.
Interfase:	RS 232 C (exclusivamente adaptador SensLab PC).
Baterías:	2 baterías tipo AAA/LR03 de 1.5 V.
Calibración:	Con el código de la tira reactiva (este se fija con ayuda de la perilla de control).
Control del funcionamiento:	Chequeo automático de funciones, opción a prueba con solución de control.
Tamaño (L x A x A):	91 x 55 x 24 mm.
Peso:	aproximadamente 80g (incluyendo baterías).