
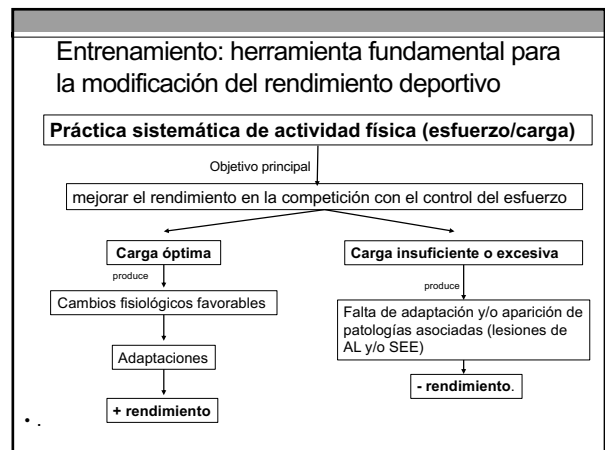
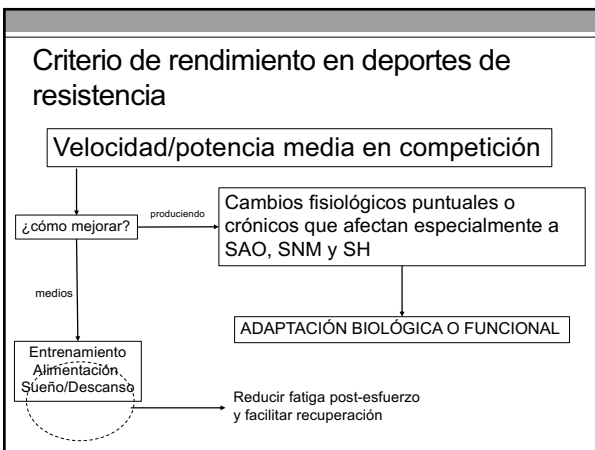
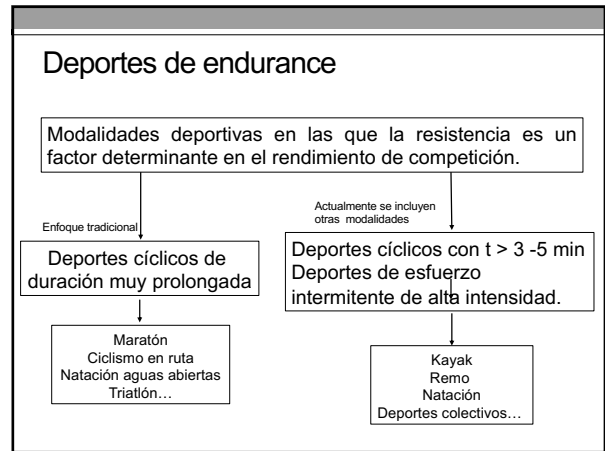


ENTRENAMIENTO EN DEPORTES DE ENDURANCE: APLICACIONES DESDE LA FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO

Profesor Telmo Silva Alonso

Objetivos del entrenamiento en deportes de endurance

Aumentar el rendimiento en competición

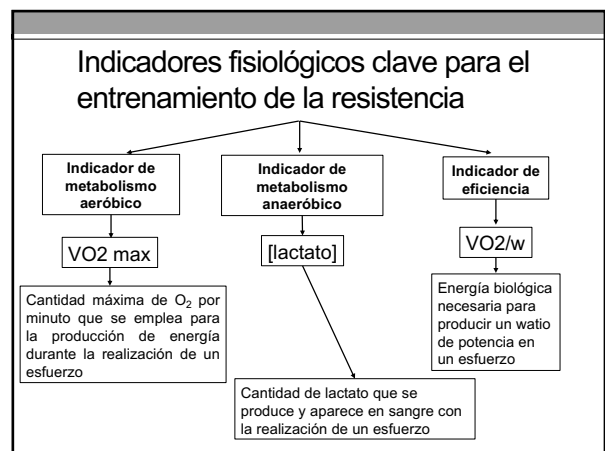
- Mejorar la capacidad del SNM y SAO para desarrollar la máxima potencia promedio en la competición (**resistencia y fuerza**)*.
- Mejorar capacidad de producir la máxima potencia al menor coste energético posible (**eficiencia-técnica**).
- Dosificar de forma óptima el esfuerzo durante la competición según estado de forma y el objetivo de rendimiento para la prueba (**táctica**).

Conservación de la salud

Prevenir SEE y lesiones del AL

- Distribución de la carga** eficiente e individual.
- Aplicación de **estrategias de recuperación**.
- Realización de **entrenamiento de fuerza**.

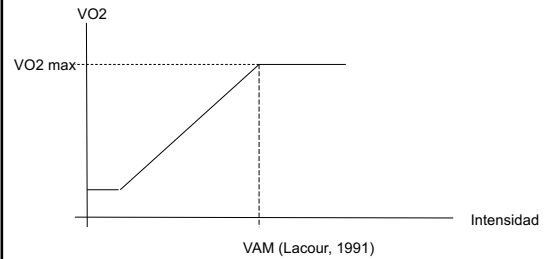
*Entrenamiento concurrente



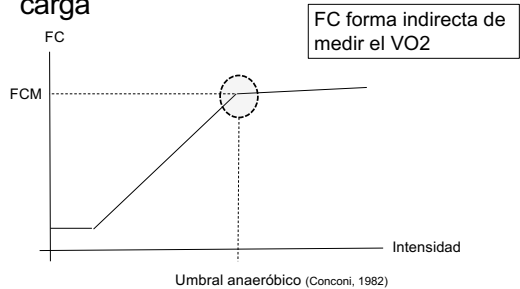
VO2 max: indicador funcional del SAO

- Valora de **forma global la capacidad funcional** de los sistemas relacionados con el aporte de O2 a la célula.
- Aunque está muy determinado genéticamente **con entrenamiento** se puede mejorar entre un **5 - 20 %**.
- La **MME** que interviene en el movimiento y la **altitud** **modifican sus valores**.
- Valores máximos para hombres: **80-85 ml/kg/min**.
- Valores máximos para mujeres: **aprox 70 ml/kg/min**.

VO2 e intensidad de carga



VO2, frecuencia cardiaca e intensidad de carga



Relación entre VO2 y FC

Londeree & Ames		Swain	
%VO2 max	%FC max	%VO2 max	%FC max
27,45	50	20,31	50
34,29	55	28,13	55
41,14	60	35,94	60
47,98	65	43,75	65
54,83	70	51,56	70
61,67	75	59,38	75
68,51	80	67,19	80
75,36	85	75,00	85
82,20	90	82,81	90
89,05	95	90,63	95
95,89	100	98,44	100

(Swain et al., 1992)

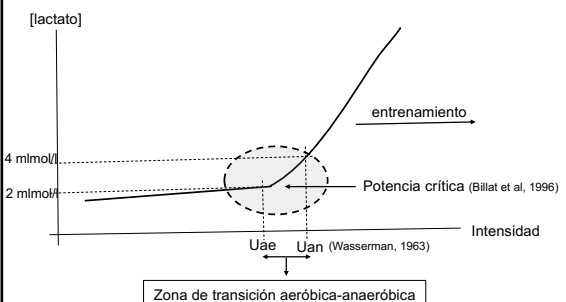
Para hombres, % VO2 max = (%FCM -36,8) /0,643

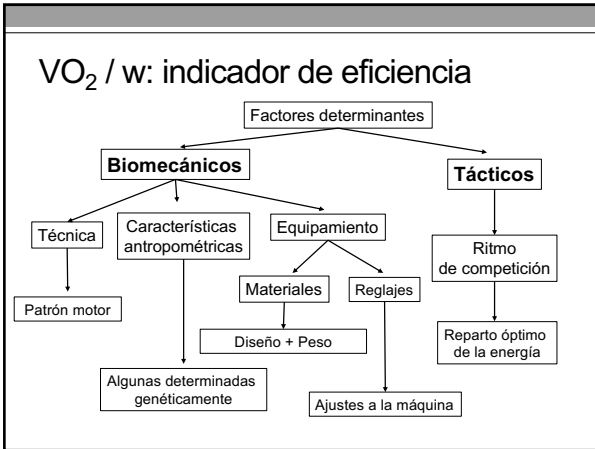
Para mujeres, % VO2 max = (%FCM -39) /0,628

[lactato]: indicador de metabolismo anaeróbico

- El ácido láctico/lactato es un **subproducto del metabolismo anaeróbico** (glucólisis).
- En **esfuerzos de alta intensidad entre 30" y 2 min** la energía que se necesita proviene en una proporción muy elevada del metabolismo anaeróbico.
- La **máxima potencia anaeróbica láctica** se obtiene en **esfuerzos máximos de 1 minuto** de duración.
- El lactato que se produce durante esfuerzos intensos **se oxida (80%)** o se vuelve a convertir en glucógeno (20 %) (ciclo de Cori).

[lactato] e intensidad de esfuerzo





Adaptaciones del entrenamiento de resistencia aeróbica

En deportes de endurance → Objetivo principal

- + VO₂ max.
- + %VO₂ max asociado a ZT.
- + potencia aeróbica -VAM
- + potencia crítica (MSSL)

- + ventilación.
- + volumen sistólico.
- + Hb y Mb.
- + densidad de la red capilar y microcirculación.
- + concentración de mitocondrias.
- + concentración de enzimas que regulan el metabolismo oxidativo (AAGG, HHCC y lactato).

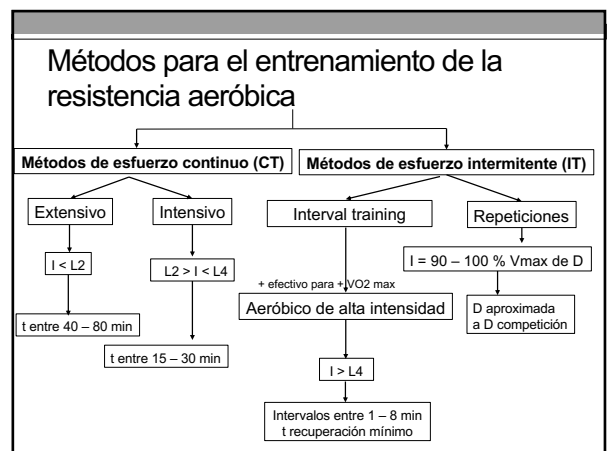
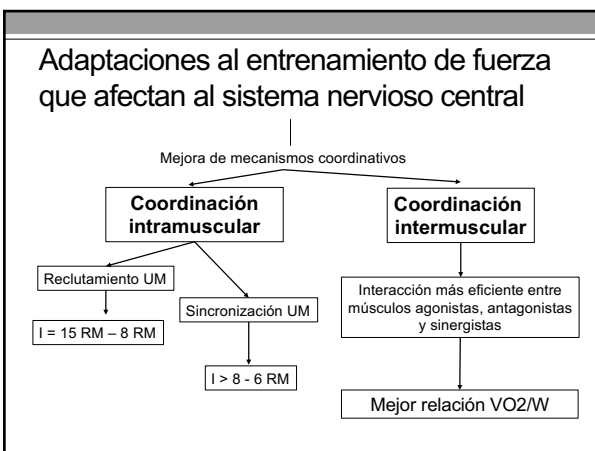
Adaptaciones del entrenamiento de resistencia anaeróbica

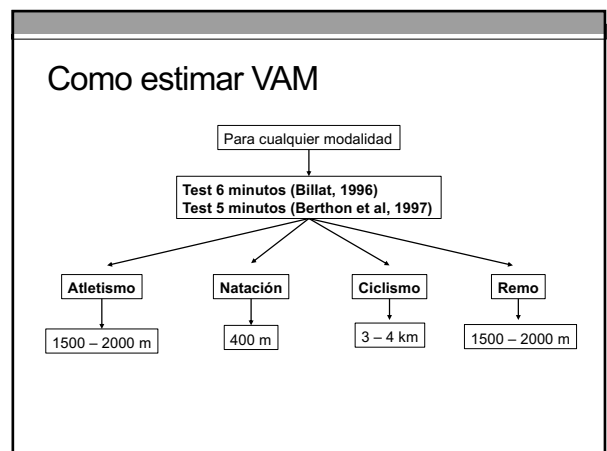
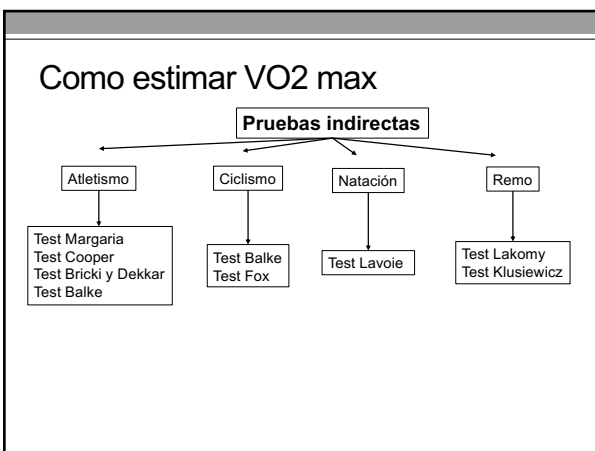
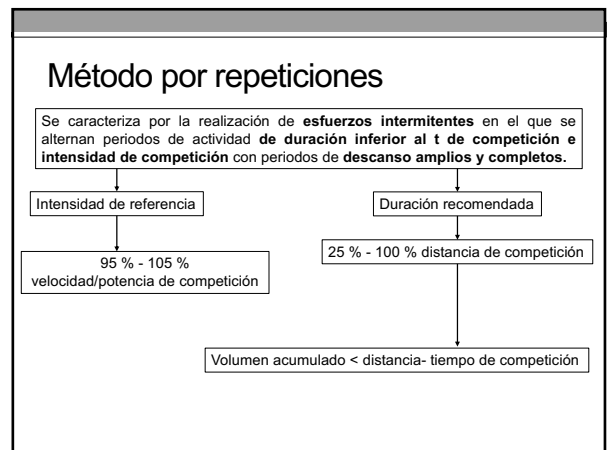
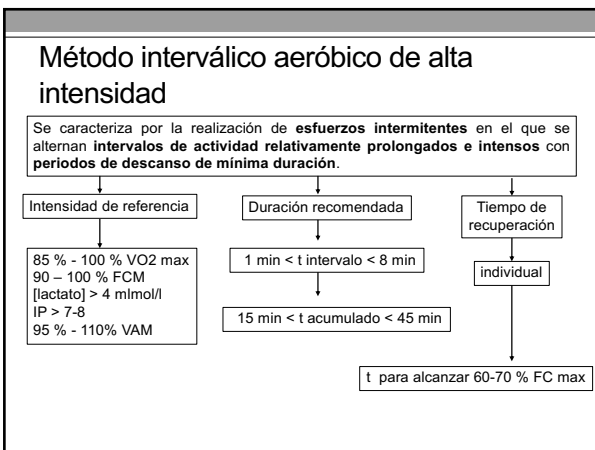
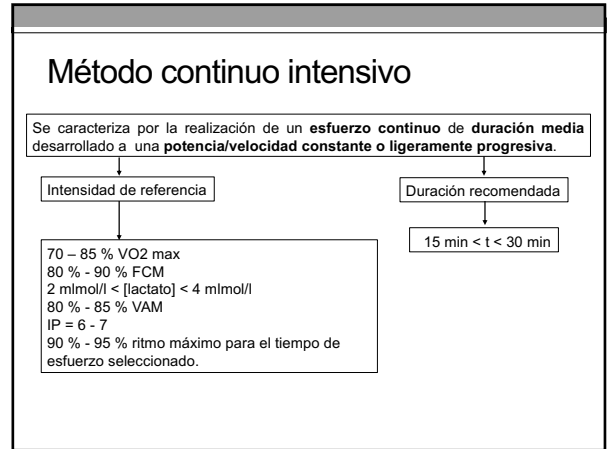
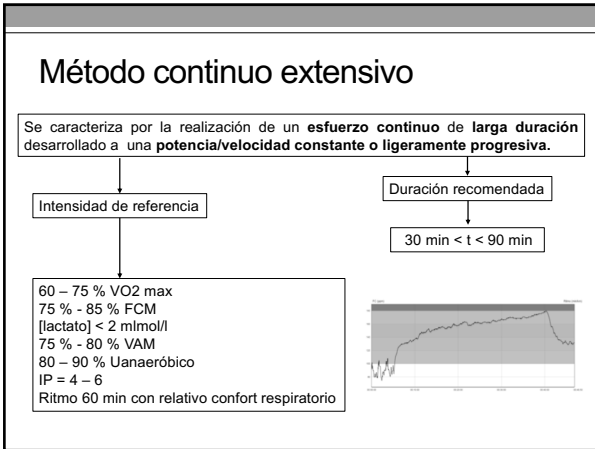
En deportes de endurance → Objetivo secundario

- + reservas de PCr
- + reservas de glucógeno hepático y muscular
- + [enzimas] reguladoras del metabolismo anaeróbico.
- + funcionamiento celular en medio ácido.
- + capacidad para neutralizar la acidez que produce la producción de energía anaeróbica.

Adaptaciones al entrenamiento de fuerza que afectan al AL

- + densidad de la red capilar y microcirculación.
- + reservas de ATP, PCr y glucógeno muscular.
- + presencia de proteínas contráctiles (actina y miosina) en las fibra muscular.
- + tamaño de las fibras musculares (hipertrofia).
- + [enzimas] reguladoras del metabolismo anaeróbico.
- + densidad ósea.
- + síntesis de colágeno y elastina.

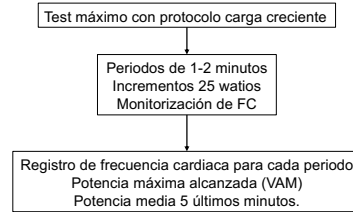




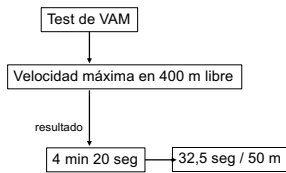
Como estimar umbrales (ZT) a partir de FC, VAM, Conconi test y pruebas de rendimiento

Umbral	[lactato]	FC	VAM	Inflexión FC	Ritmo
Aeróbico	2 mlmol/l	80 %	75 - 85 %	80-90% Uan	45 - 60 min
Anaeróbico	4 mlmol/l	90 %	85 - 95 %	Relacionado*	20 - 30 min

Como estimar umbrales (ZT) a partir de una prueba máxima de carga creciente

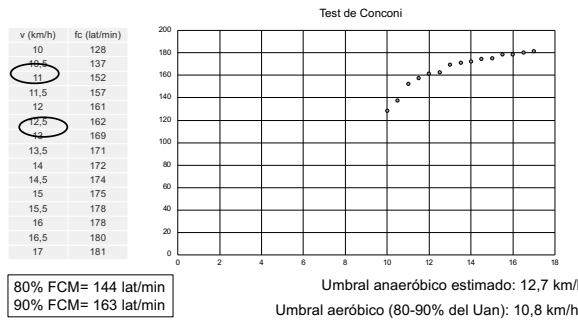


Caso I: estimación de intensidad óptima para una nadadora a partir de VAM



Uae (L2)		Uae-Uan (L2-L4)		Uan (L4)	
75 %	80 %	85 %	90 %	95 %	
40,62	39	37,4	35,75	34,2	

Caso II: estimación de intensidad óptima para un corredor a partir la inflexión de la FC



Caso III: estimación de intensidad óptima para un remero a partir de ritmos para 60' y 20'

Duración	Rendimiento	Observaciones	Estimación
60 min	1'57" / 500 m	I máx con relativo confort respiratorio	Uae
20 min	1'46"	I max	Uan

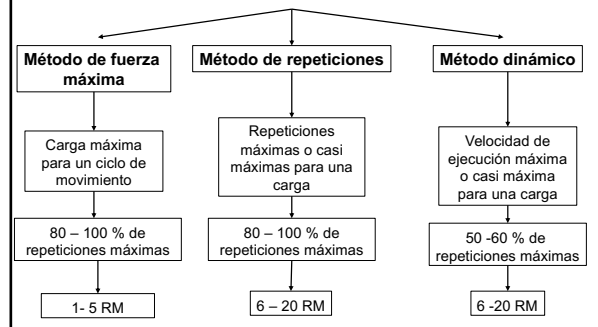
Zonas de entrenamiento según umbrales

Zona	[lactato]	Método	Volumen óptimo
1	l < 2 mlmol/l	Continuo extensivo	30-90 min
2	2 > l < 4 mlmol/l	Continuo intensivo	15 - 30 min
3	l < 4 mlmol/l	Interval aeróbico de AI Repeticiones	12 - 45 min

Zonas de intensidad estimadas para cada caso

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Caso 1	Hasta 39 – 40,62 s/50 m	Entre 39 – 30,9 s/50 m	Próximo a 34,2 – 30,9 s/50 m
Caso 2	Hasta 10,5 -11 km/h	Entre 10,5 – 12,5 km/h	Próximo a 12,5 km/h – 105 % VAM
Caso 3	Hasta 1'57" /500 m	Entre 1'57" – 1'46" /500 m	Próximo a 1'46" /500 m -105% VAM

Métodos para el entrenamiento de la fuerza en deportes de endurance



Recomendaciones para el entrenamiento de fuerza-resistencia I

- Frecuencia óptima: **2 – 3 sesiones / semana** (según fase en la planificación anual)
- Ciclos de **8-12 semanas** (Tesh, Hakkinen, 1985).
- Movimientos **seguros** y con **amplitud** articular (Goldspink, 1992).
- **Intensidad** de carga, entre **6 – 20 RM**.
- **Volumen en cada serie**, repeticiones **próximas** (80-100 %) a las repeticiones máximas.
- **Velocidad moderada – alta** en fase concéntrica y relativamente controlada en fase excéntrica.

Recomendaciones para el entrenamiento de fuerza-resistencia II

- Pausa **mínima** (1-2 minutos) entre ejercicios.
- Volumen de la sesión **inferior a 40 min** (Hakkinen, 1985).
- Ejercicios **variados** y respetando el **par agonista-antagonista**.
- Trabajo en **círculo o subcircuitos, secuencial o superserie**.

Recomendaciones para el entrenamiento de la potencia muscular con pesas I

- **Cargas** que generen la **máxima potencia** en fase concéntrica (entre **40 y 80 % de 1 RM**).
- **Repeticiones**, se realizan sólo las que generen **potencia máxima o muy próxima** (min 90%). Normalmente el 50% de las repeticiones máximas asociadas al RM desplazado.

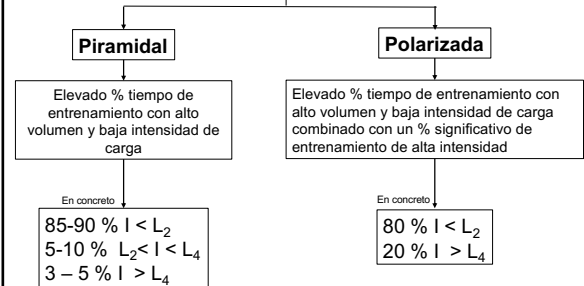
Recomendaciones para el entrenamiento de la potencia muscular con pesas II

- Máxima velocidad de ejecución en fase concéntrica y fase excéntrica relativamente controlada.
- Pausa entre ejercicios **relativamente larga** (2 - 4 minutos).
- **Volumen** de la sesión inferior a **40 min**.
- Entre **2 y 3 sesiones** semanales.

Recomendaciones para el desarrollo de la fuerza específica

- **Movimientos contextualizados** (entorno, tipo de movimiento, potencia necesaria, ...).
- Se puede emplear un **equipamiento modificado** para respetar al máximo el esquema motor de referencia.
- **Volumen controlado** en función de exigencia.
- Ejemplos: carreras de aceleración en pendiente, manejo de palas y aletas en natación, tramos con desarrollos más largos en ciclismo, resistencia más elevada en remo indoor, etc

Distribución de la intensidad de entrenamiento (TID) en deportes de endurance



Cual es la mejor opción de TID en deportes de endurance

- Hay una evidencia consistente que muestra que un **TID polarizado** puede producir **excelentes resultados** a largo plazo.
- La dicotomía entre **LIT** y **HIT** es exagerada, ambos métodos **generan adaptaciones** tanto **comunes** como **complementarias**.
- Una buena **base de entrenamiento de alto volumen** puede ser una **condición indispensable** para tolerar y responder mejor a incrementos de alta intensidad.
- **2 sesiones de entrenamiento de HIT / semana** parece ser suficiente para inducir adaptaciones fisiológicas.

Algunas claves en la recuperación post-esfuerzo

- **Alimentación y sueño** son los factores fundamentales en la recuperación post-esfuerzo (fuerte evidencia).
- **Alimentación equilibrada**, en macro-micronutrientes + necesidades de energía.
- **Suplementos con evidencia nivel 1 que mejoran rendimiento**: cafeína, beta-alanina, bicarbonato, creatina y nitratos. También vitamina E, vitamina C, Zn, P y Cl-Na-K.
- **Sueño**: de **calidad** y entre **7 - 9 h día**. En viajes se recomienda **dormir en lugar de competición** el día anterior y el mismo día de la competición.
- **Inmersión en agua fría**: suficiente con 10 minutos a 11-15°, no es necesario ni más tiempo ni menos temperatura.
- **Masaje**: sin evidencia en relación a su efecto en la capacidad de recuperación.

Conclusiones I

- El entrenamiento, la alimentación y el sueño son las principales herramientas para mejorar el rendimiento en deportes de endurance.
- La aplicación del entrenamiento se debe apoyar en el conocimiento y en el método científico para alcanzar sus metas respetando la salud del deportista.

Conclusiones II

- El entrenamiento se debe centrar en el desarrollo de la resistencia, la fuerza, la técnica, el ritmo óptimo de competición y la fortaleza mental del deportista.
- La evidencia muestra que salud (lesiones + SEE) del deportista de endurance se mantiene con una buena administración de la carga y la correcta aplicación de ejercicios de fuerza.

Conclusiones III

- Para el entrenamiento de la resistencia los indicadores fisiológicos clave a considerar son el VO₂ max, los umbrales y la eficiencia.
- Los diferentes métodos para el entrenamiento de la resistencia desencadenan adaptaciones comunes y complementarias.

Conclusiones IV

- A efectos prácticos se precisan pruebas de laboratorio para una estimación eficaz de indicadores que permita la prescripción óptima de la carga de entrenamiento.
- El entrenamiento de fuerza en deportes de endurance es necesario para el rendimiento y la prevención de lesiones del AL.

Conclusiones V

- En relación a la distribución de carga, un TID polarizado (80-20) con una buena base previa de LIT produce buenos resultados en la mejora del rendimiento.
- Parece ser que 2 sesiones de HIT / semana es suficiente para producir adaptaciones significativas.

Conclusiones VI

- Alimentación y sueño son las variables con mayor evidencia científica en relación al control de la fatiga y recuperación post-esfuerzo.
- Sobre la alimentación existen estrategias y suplementación sin evidencia que se siguen empleando y consumiendo de forma habitual entre deportistas de endurance (riesgo para la salud y coste económico innecesario).

Referencias bibliográficas

- Calleja-González, J., Terrados, N., Martín-Acero, R., Lago-Peñas, C., Jukic, I., Mielgo Ayuso, J., ... & Ostojic, S. (2018). Happiness versus Wellness during the recovery process in high performance Sport. *Frontiers in physiology*, 9, 1598.
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports medicine*, 40(3), 189-206.
- Kerkick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., ... & Greenwood, M. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38.
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes?. *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 276-291.
- Skorski, S., & Abbiss, C. R. (2017). The manipulation of pace within endurance sport. *Frontiers in physiology*, 8, 102.
- Stöggl, T. L., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in physiology*, 6, 295.

Gracias por su atención!!

