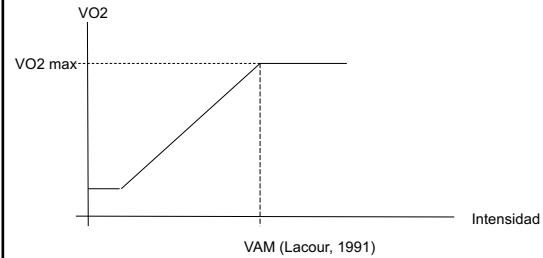


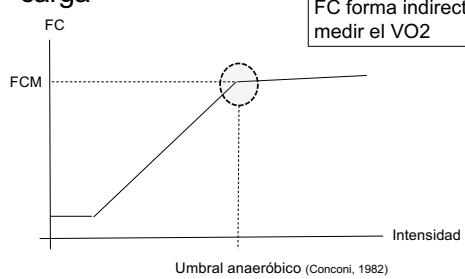
VO₂ max: indicador funcional del SAO

- 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 cardíaca e intensidad de carga



Relación entre VO₂ y FC

Londeree & Ames %VO ₂ max	%FC max	Swain %VO ₂ 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
83,57	91	84,38	91
84,94	92	85,94	92
86,31	93	87,50	93
87,68	94	89,06	94
89,05	95	90,63	95
90,42	96	92,19	96
91,79	97	93,75	97
93,16	98	95,31	98
94,53	99	96,88	99
95,89	100	98,44	100

(Swain et al., 1992)

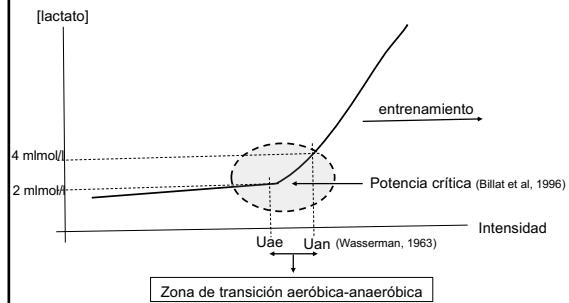
$$\text{Para hombres, \% VO}_2 \text{ max} = (\%FCM - 36,8) / 0,643$$

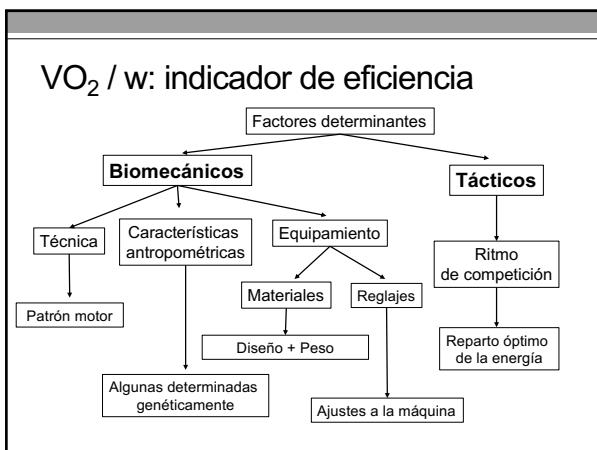
$$\text{Para mujeres, \% VO}_2 \text{ max} = (\%FCM - 39) / 0,628$$

[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).

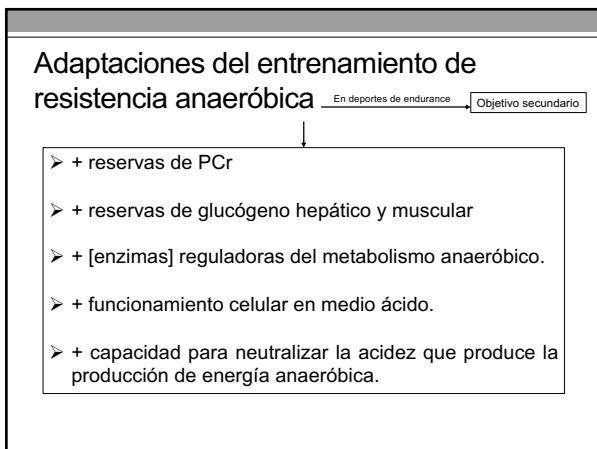
[lactato] e intensidad de esfuerzo





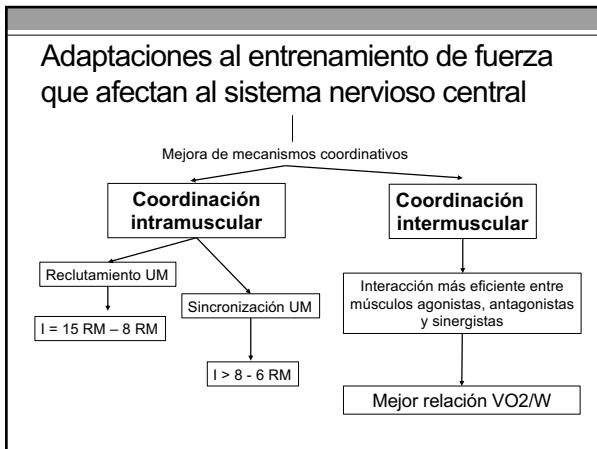
Adaptaciones del entrenamiento de resistencia aeróbica

- 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).

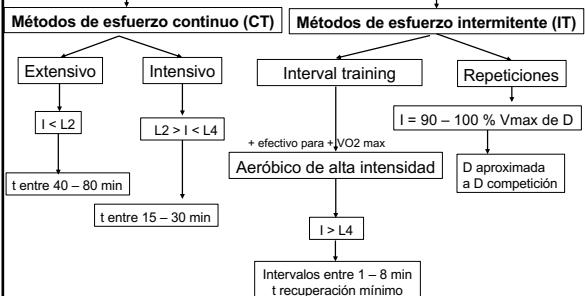


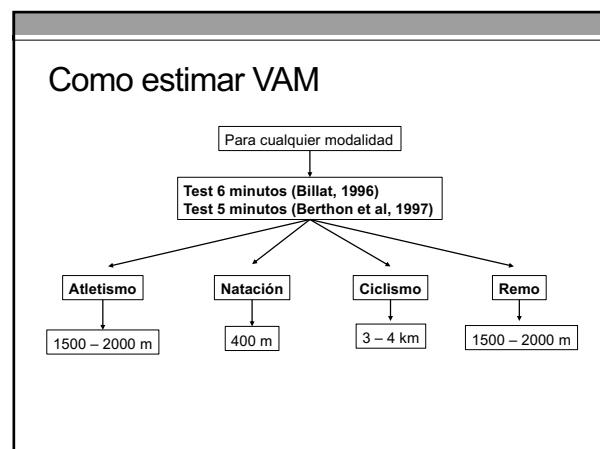
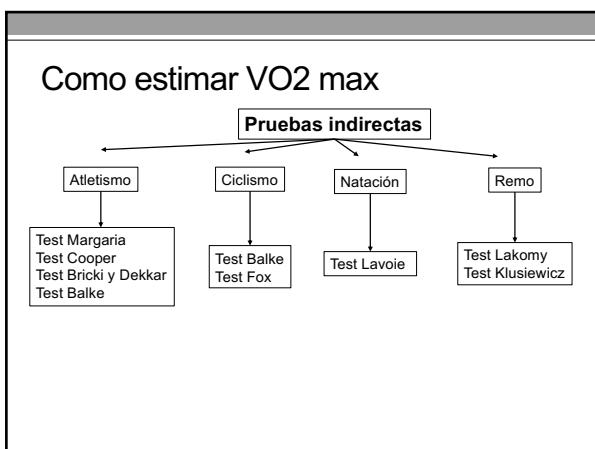
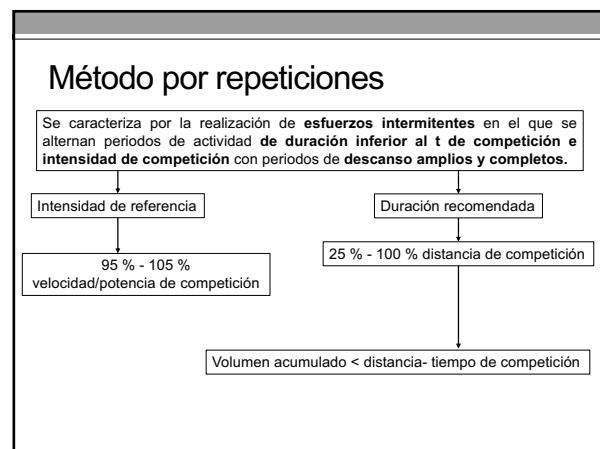
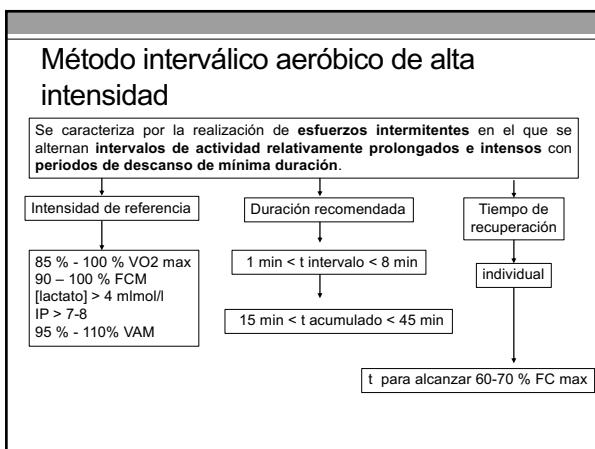
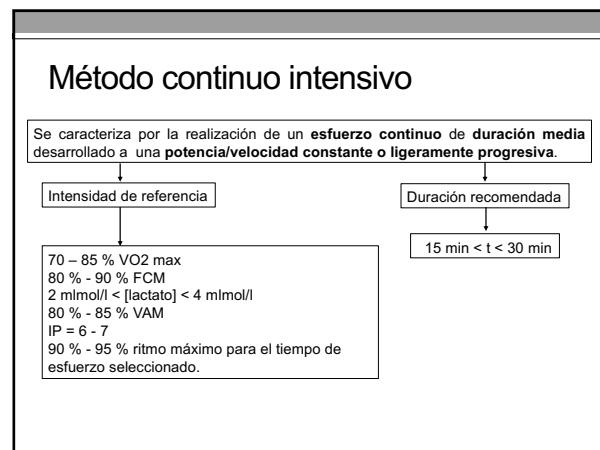
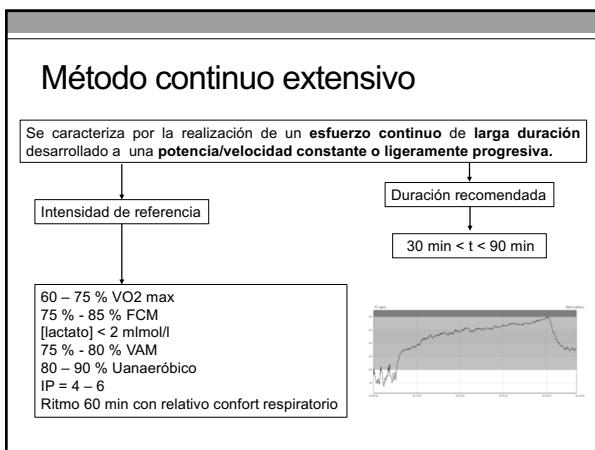
Adaptaciones al entrenamiento de fuerza que afectan al AL

- + 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.



Métodos para el entrenamiento de la resistencia aeróbica





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

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

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

```

    graph TD
      A[Test máximo con protocolo carga creciente] --> B[Periodos de 1-2 minutos  
Incrementos 25 watos  
Monitorización de FC]
      B --> C[Registro de frecuencia cardíaca para cada periodo  
Potencia máxima alcanzada (VAM)  
Potencia media 5 últimos minutos.]
  
```

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

```

    graph TD
      A[Test de VAM] --> B[Velocidad máxima en 400 m libre]
      B -- resultado --> C[4 min 20 seg]
      C --> D[32,5 seg / 50 m]
  
```

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

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

Test de Conconi

v (km/h)	fc (lat/min)
10	128
10,5	137
11	152
11,5	157
12	161
12,5	162
12,5	169
13,5	171
14	172
14,5	174
15	175
15,5	178
16	178
16,5	180
17	181

80% FCM= 144 lat/min
90% FCM= 163 lat/min

Umbral anaeróbico estimado: 12,7 km/h
Umbral aeróbico (80-90% del Uan): 10,8 km/h

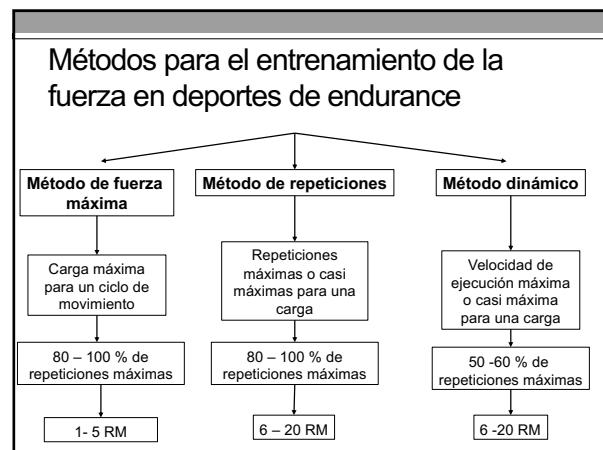
Caso III: estimación de intensidad óptima para un remero a partir de ritmos para 60' y 20'

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	I < 2 mmlol/l	Continuo extensivo	30-90 min
2	2 > I < 4 mmlol/l	Continuo intensivo	15 – 30 min
3	I < 4 mmlol/l	Interval aeróbico de Al 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



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 circuito o subcircuitos, secuencial o superserie .

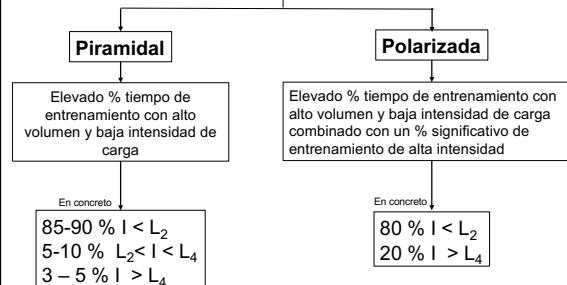
Recomendaciones para el entrenamiento de la potencia muscular con pesas I
• Cargas que generen la máxima potencia en fase concéntrica (entre 40 y 80 % de 1 RM).
• Repeticiones , se realizan sólo las que generen potencia máxima o muy próxima (min 90%). Normalmente el 50% de las repeticiones máximas asociadas 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-efuerzo

- **Alimentación y sueño** son los factores fundamentales en la recuperación post-efuerzo (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-Peña, C., Jukic, I., Mielgo Ayuso, J., ... & Ostoic, 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.
- Kerksick, 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.
- Stöggli, 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!!

