

MEEF Y ENTRENAMIENTO DEL RITMO COMPETICIÓN CON BAJO IMPACTO METABÓLICO



Colindres, 2 de Julio de 2013

Gorka Núñez Arrugaeta

Factores determinantes del rendimiento en pruebas de larga duración

- VO2 Max
- Umbral Láctico (% VO2 Max)
- Economía de carrera (VO2 a una determinada velocidad)
 - ◆ Mixtos (VAM)



Training adaptation	Physiological significance
VO_{2max}	
Increased left ventricular chamber size and wall thickness ^[134]	Increased maximal stroke volume ^[135]
Increased erythrocyte mass ^[136]	Increased blood volume, maximal stroke volume and arterial oxygen content ^[137]
Increased plasma volume ^[138]	Increased blood volume and maximal stroke volume ^[137]
Increased skeletal muscle capillarity ^[139]	Increased oxygen diffusion and uptake for any given arterial pO ₂ and blood flow ^[140]
Increased skeletal muscle mitochondrial density and oxidative enzyme concentration ^[24,141]	Increased $\dot{V}O_2$ and widening of the maximal arterial-mixed venous oxygen difference ^[142]
Increased myoglobin concentration ^[143]	Facilitation of oxygen diffusion from the sarcolemma to the mitochondria. Increased $\dot{V}O_2$ for any given pO ₂ and blood flow. Increased maximal arterial-mixed venous oxygen difference ^[144]
Lactate threshold	
Decreased PFK-1 concentration and PFK-1 : CS ratio ^[24]	Decreased lactate production ^[24]
Increased skeletal muscle mitochondrial density and oxidative enzyme concentration ^[24,141]	Increased percentage of pyruvate that enters the Krebs cycle, as opposed to lactate formation through the LDH reaction ^[24]
Increased β -oxidation enzymes ^[24]	Increased lipid oxidation, decreased demand for carbohydrate metabolism and decreased lactate production ^[145]
Change in LDH expression that favours the heart isoform ^[24]	Decreased pyruvate-to-lactate conversion rate ^[24]
Increased MCT expression ^[146]	Increased lactate disposal ^[146]
Increased muscle strength ^[147]	Reduced recruitment of type II skeletal muscle fibres and reduced blood flow occlusion ^[147]
Running economy	
Change in the expression of fast-twitch skeletal muscle fibres towards a more slow-twitch phenotype ^[146]	Reduced energy cost for developing a particular level of force ^{[148]a}
Decreased minute ventilation for a particular running velocity ^[40]	Reduced respiratory energy demand ^[40]
Improved mechanical efficiency ^[149]	Reduced whole body energy demand ^[150]
Increased musculotendonous stiffness ^[38]	Increased storage and return of elastic energy and muscle stabilising activity ^[151]

a Based on research involving mouse skeletal muscle.

CS = citrate synthase; LDH = lactate dehydrogenase; MCT = monocarboxylate transporter; PFK-1 = phosphofructokinase-1; pO₂ = partial pressure of oxygen; $\dot{V}O_2$ = oxygen uptake.

Umbral Láctico. Un concepto ambiguo

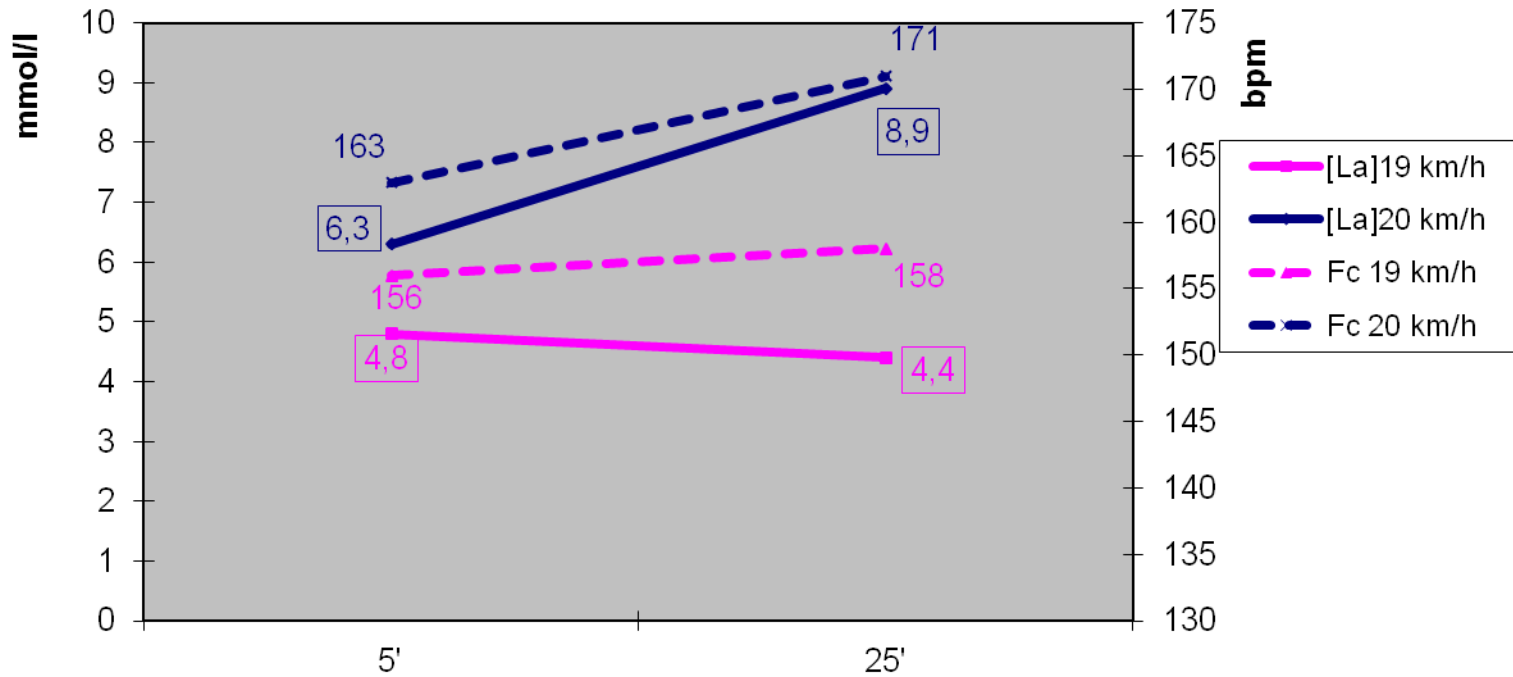
- Owles (1930): Nivel metabólico crítico
- Hollman (1959): Punto óptimo eficiencia respiratoria
- Wasserman & McIlroy (1964): Umbral anaeróbico
- Londeree (1975): Máximo estado estable
- Mader (1976): Umbral aerobio - anaerobio
- Kindermann (1979): Umbral anaeróbico individual
- Farrel (1979): OPLA
- Keul (1979): IAT
- Skinner & Mc Lellan (1980): Umbral anaerobio
- Sjodin & Jacobs (1981): OBLA
- Stegman (1981): Umbral anaeróbico individual
- Orr (1982): Umbral ventilatorio 2
- ...
- Urhausen (1993): MLSS → Billat (1994):

Máximo estado estable de lactato

- Intensidad máxima a la que la [La] permanece cte. (deriva menor de 1 mmol/l en 20' de ejercicio a intensidad cte)
- Correlaciona bien con IAT y no con umbrales fijos (Rusko y Aunola, 1992)
- Gran variabilidad de [La] entre diferentes poblaciones
 - 3,2 – 13 mmol/l (Hoogeveen y cols 1997)
 - 3,1 – 6,9 mmol/l (Beneke y cols, 1996)
 - 2,2 – 6.7 mmol/l (Billat y cols, 1994)
- Billat, 1994: 2x20' a intensidad constante. R: 40'
 - Sólo 2 estadios
 - Duración razonable
 - MLSS interpolación lineal

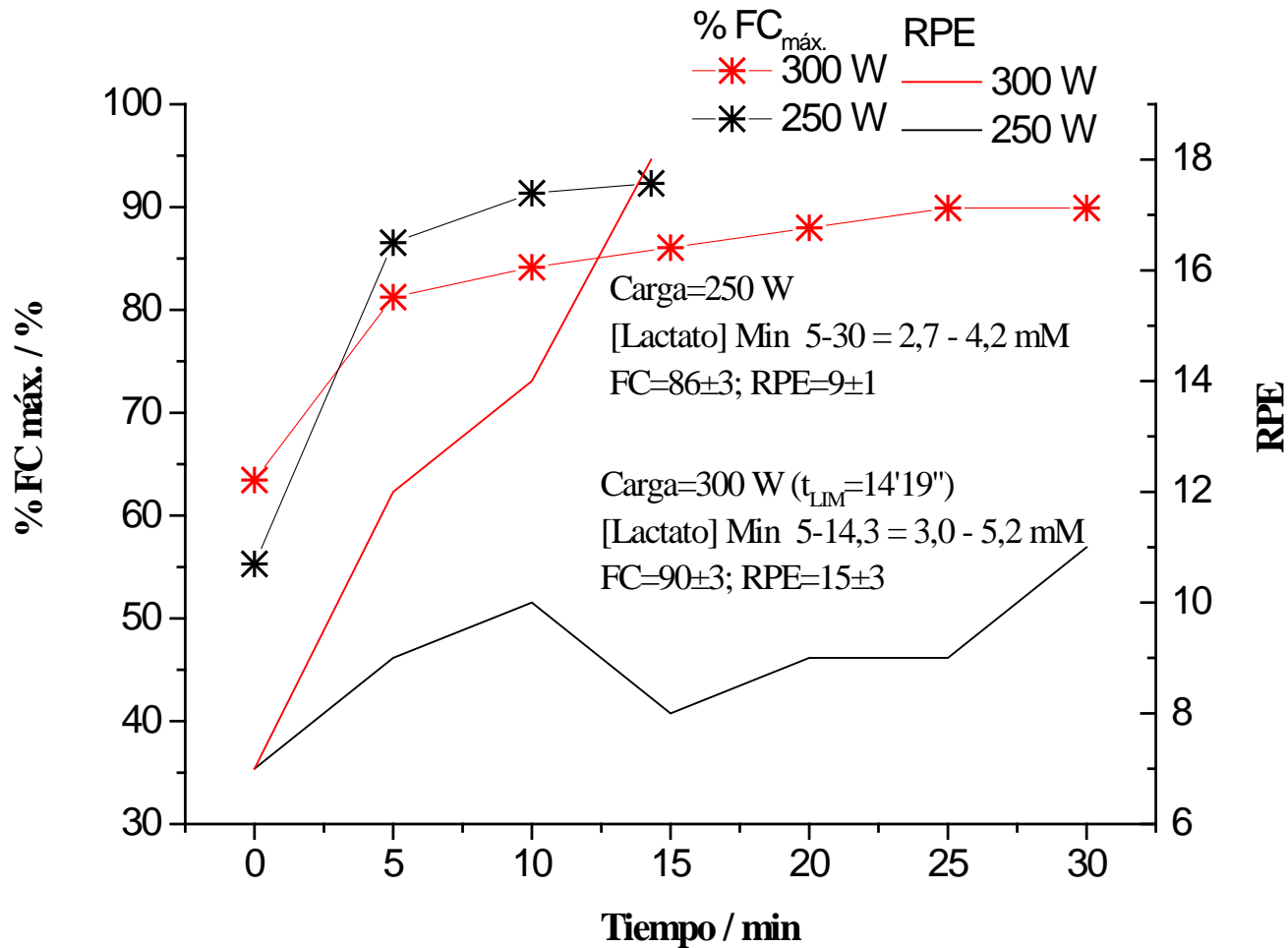
Máximo estado estable Determinación invasiva

MLEE (Lactato y FC)



Máximo estado estable

Determinación invasiva



*Datos cedidos por
Ldo. Facundo Ahumada*

Episodios asociados al umbral de lactato

- Elevación brusca respuesta de catecolaminas (Lehmann & cols, 1985; Chwalbinska-Moneta & cols, 1998)
- Elevación brusca EMG de los músculos activos (Chwalbinska-Moneta & cols, 1998)
- Aumento brusco de la concentración de sodio y cloro en saliva (Chicharro & cols, 1994)
- Reducción brusca de la saturación de O₂ de la mioglobina (Grassi & cols, 1999)
- Aumento de la concentración de la amilasa en saliva (Calvo, 1997)
- Correlación entre los umbrales de lactato, sodio, potasio, calcio y amonio (Zarzeczny & cols, 1999)
- ¿Temperatura central?
- MEEF

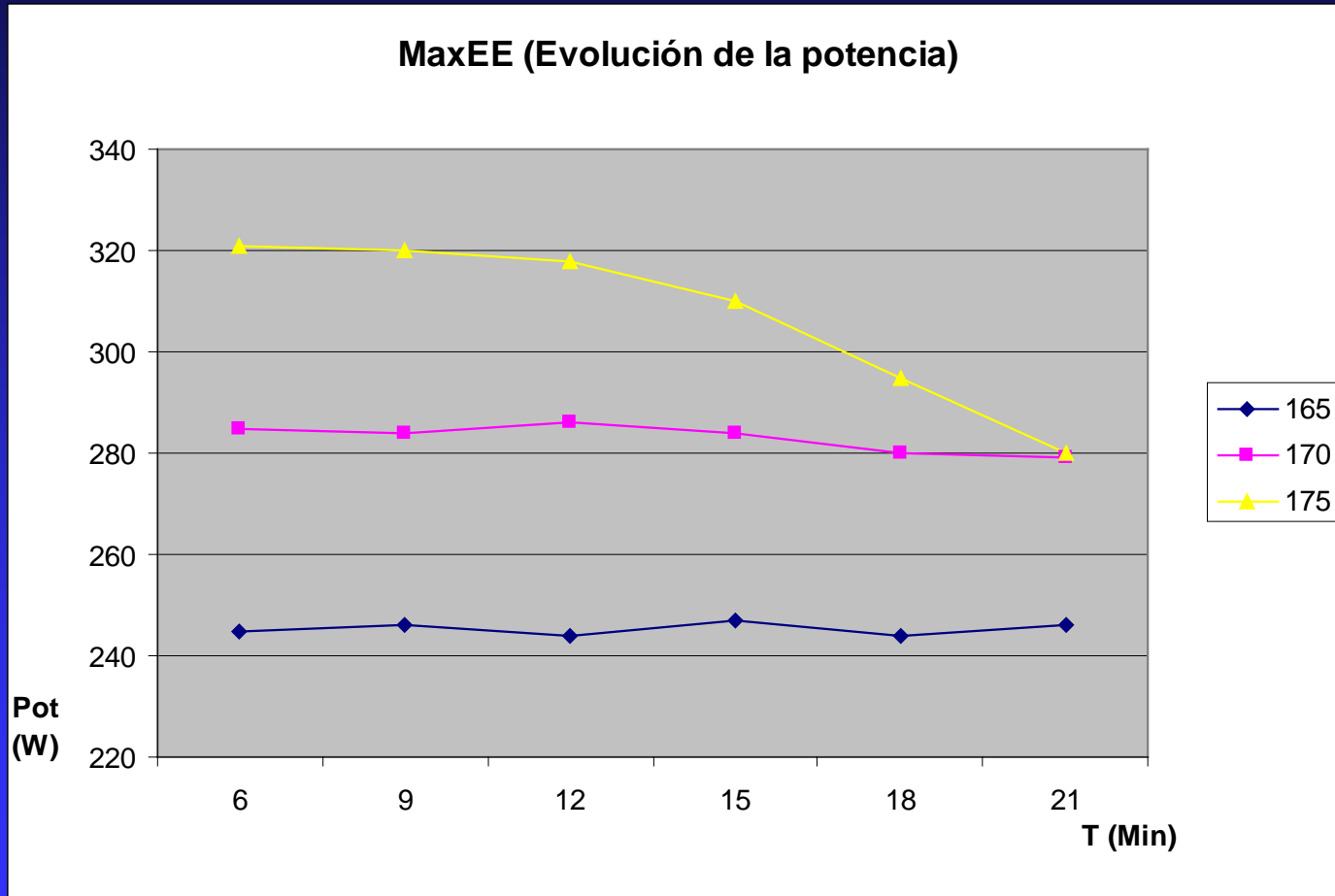
¿Es posible una determinación no invasiva, específica, sencilla, fiable, reproducible y entrenante?

■ PREMISAS

- ◆ Si realmente la fatiga es multifactorial, por encima del MEEF se debería dar una incapacidad para:
 - ◆ Mantener la misma velocidad a una determinada FC
 - ◆ Mantener la misma FC a una determinada velocidad
- ◆ Es probable que confrontando velocidad (o potencia) y FC podamos obtener datos valiosos al respecto

Máximo estado estable

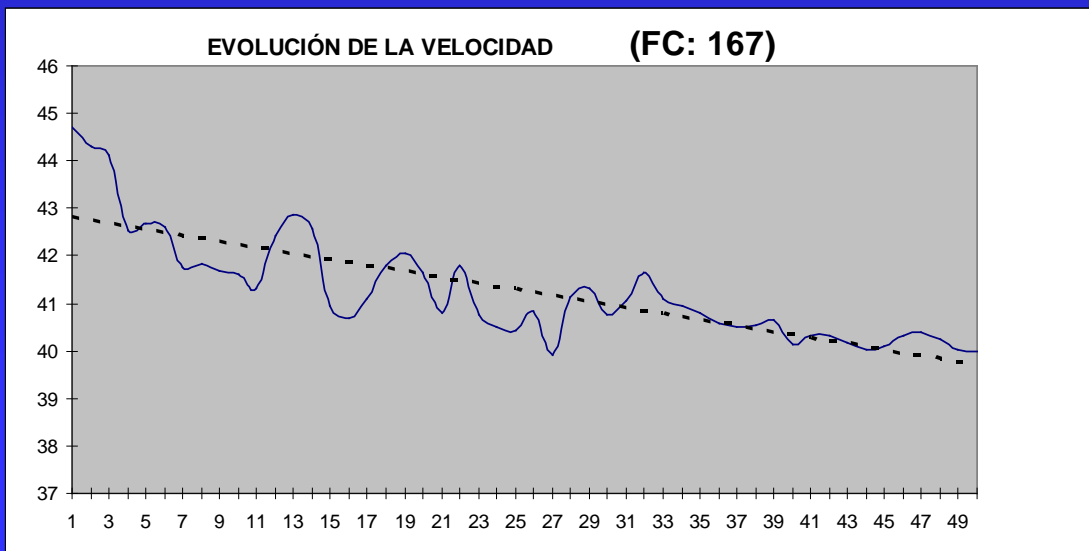
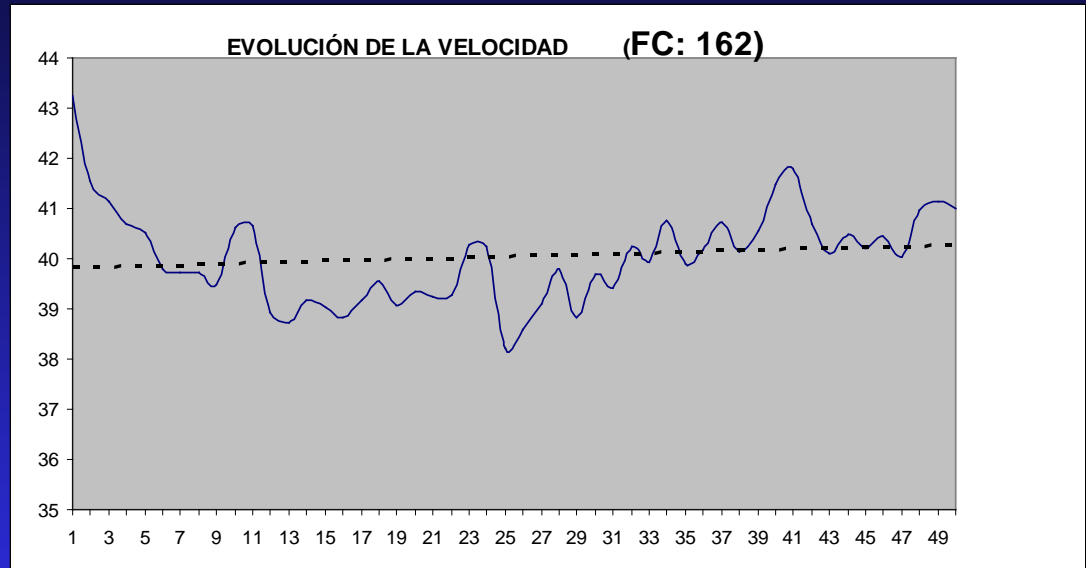
Determinación no invasiva



Datos propios sin publicar

Máximo estado estable

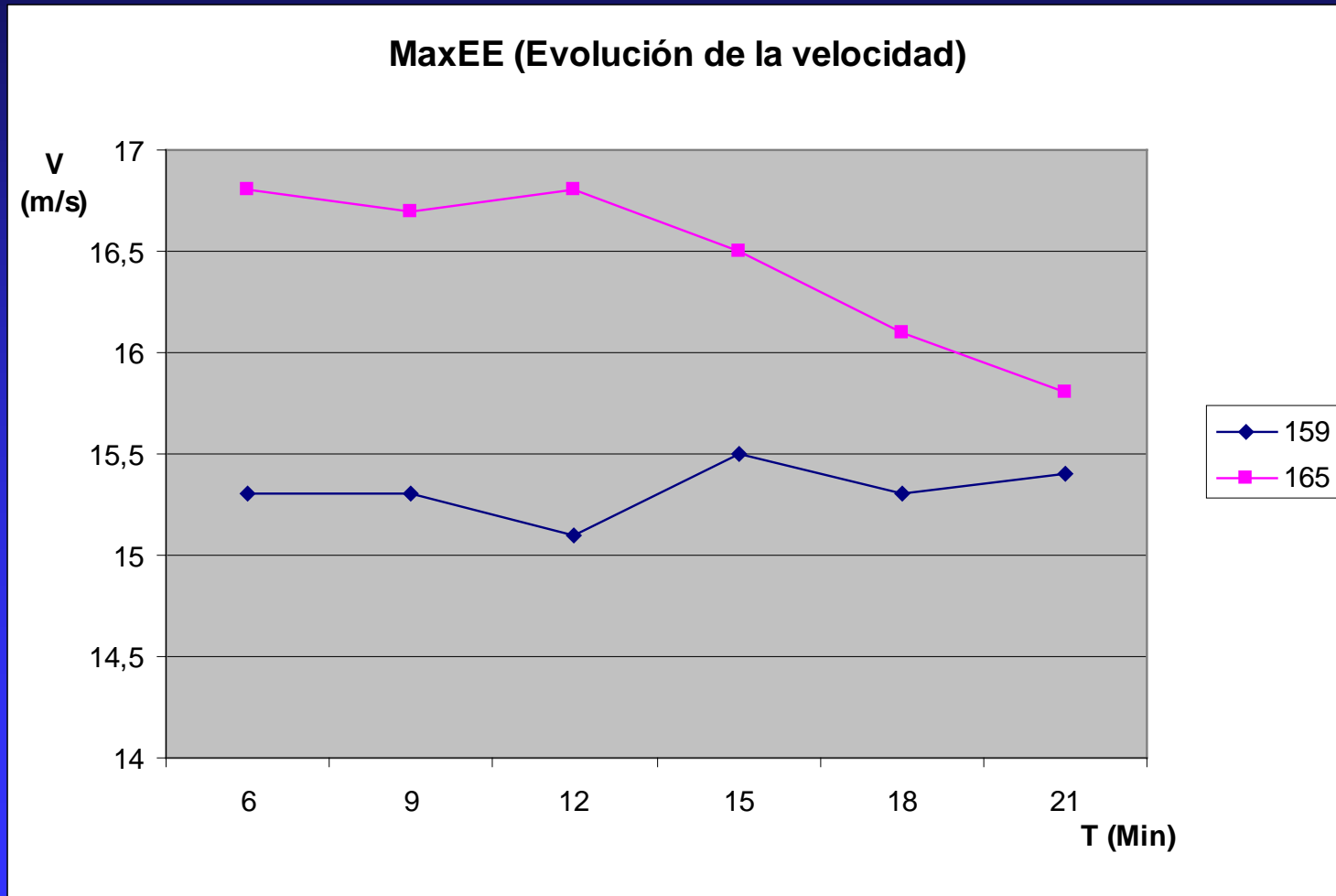
Determinación no invasiva



Datos propios sin publicar

Máximo estado estable

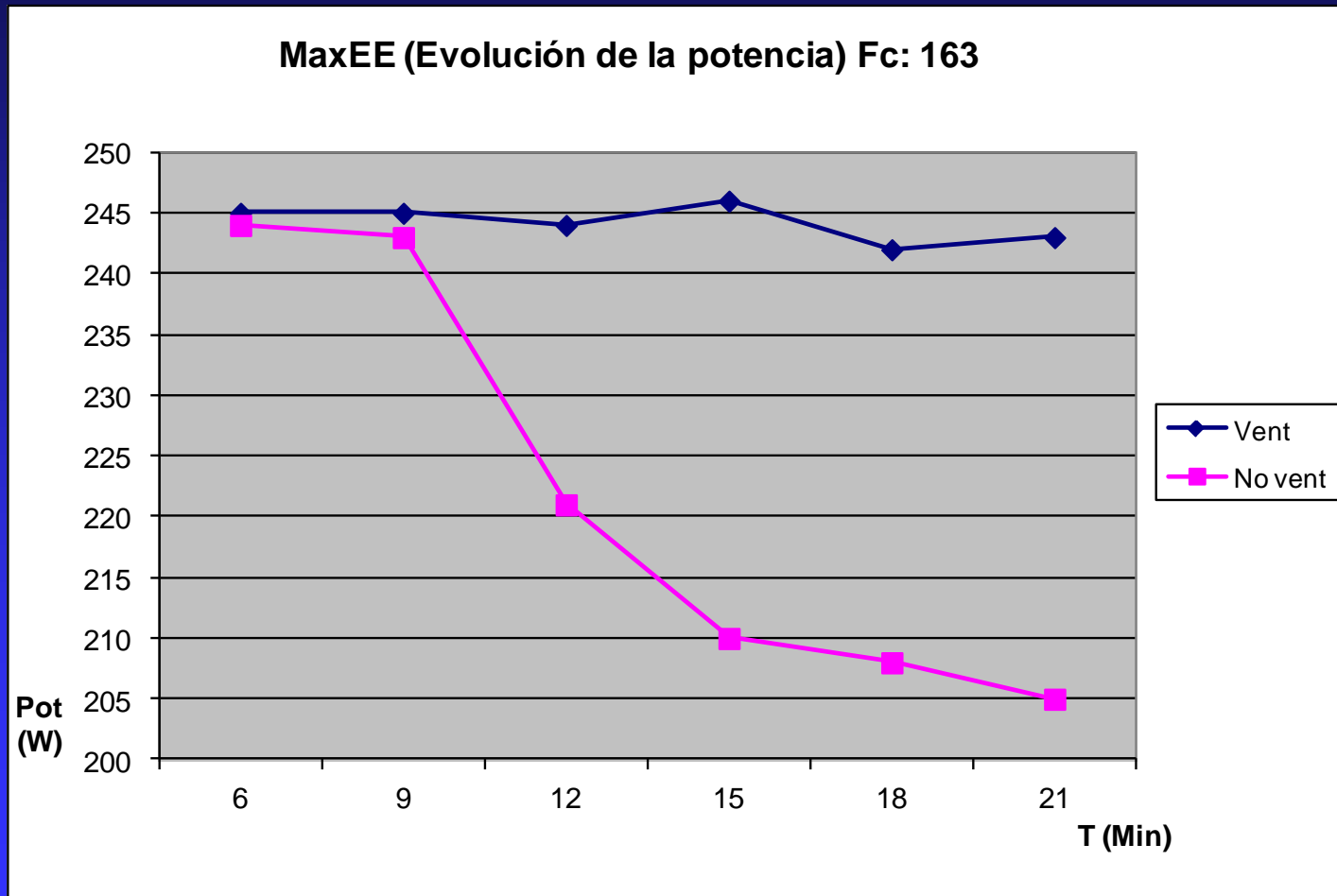
Determinación no invasiva



Datos propios sin publicar

Termorregulación

Ventilado vs No Ventilado



Datos propios sin publicar

Termorregulación

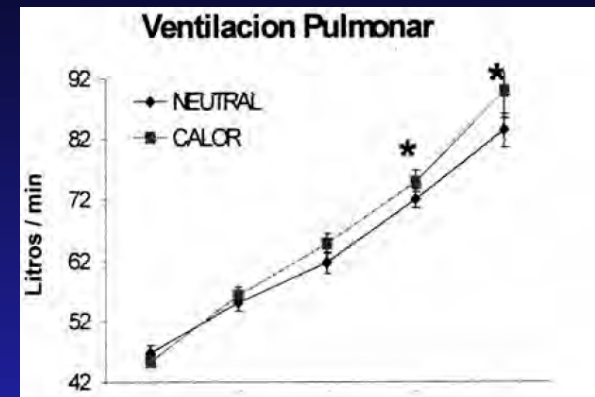
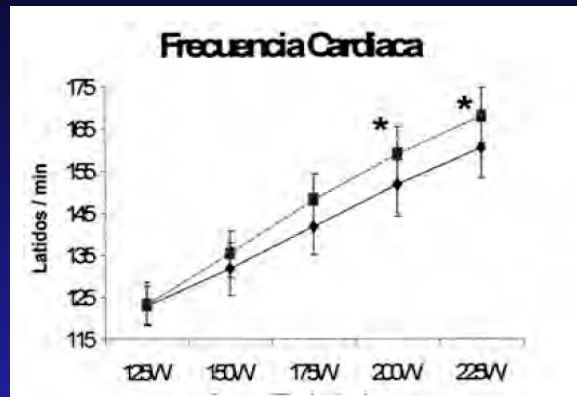
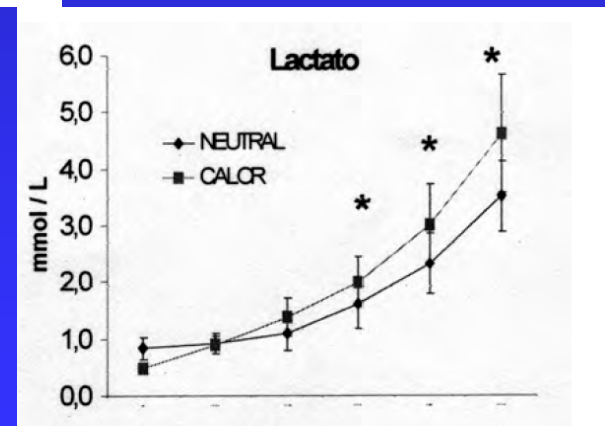
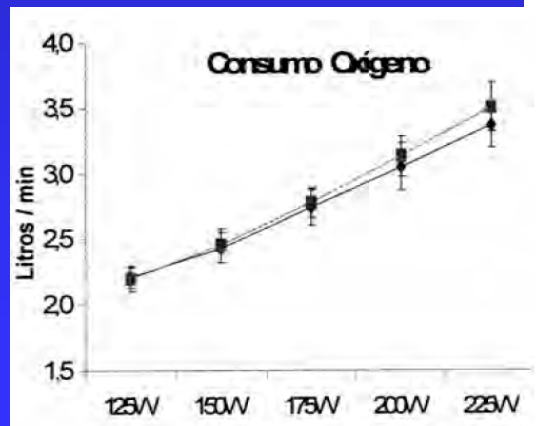
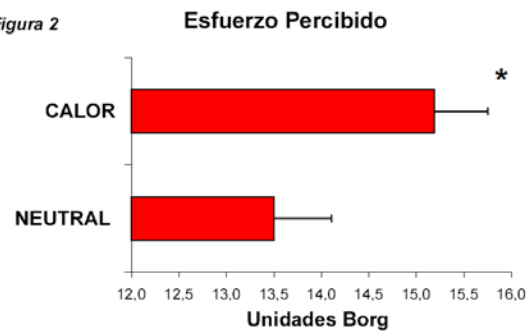


Figura 2



Metabolismo vs Contracción

- Tradicionalmente la literatura y las tendencias de entrenamiento se han centrado en la explicación de las variaciones del rendimiento en esfuerzos de larga duración por factores metabólicos, dejando de lado los aspectos neuromusculares
- Pero cada vez está más claro que los factores neuromusculares son un factor condicional con influencia en los factores determinantes del rendimiento en esfuerzos de larga duración.

Aspectos neuromusculares y rendimiento

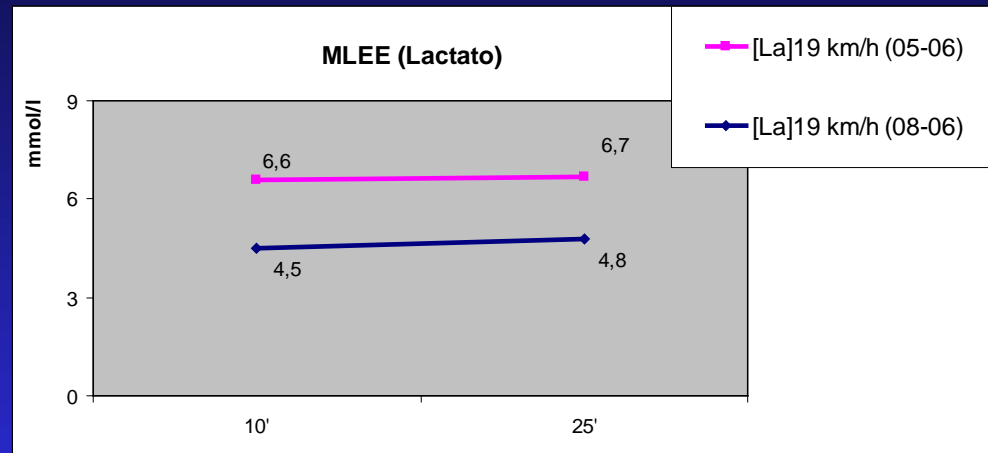
- Factores relacionados con una mejor economía de carrera
 - ◆ Nummela y cols (2006). Factores neuromusculares, EC y rendimiento en 5 km
 - ◆ Paavolainen y cols (1999). Entrenamiento de fuerza mejora EC, potencia y tiempo en 5 km
 - ◆ Millet y cols (2002). Entrenamiento de F Max mejora EC sin alteraciones en VO2MAX
 - ◆ Esteve-Lanao y cols (2008). El entrenamiento de fuerza periodizado atenúa la pérdida de longitud de zancada
 - ◆ Heise y Martin (2002). Fuerte correlación entre impulso vertical y EC
 - ◆ Dalleau y cols (1999). Fuerte correlación entre stiffness y coste energético
 - ◆ Daniels y Daniels (1992). ESPECIFICIDAD DE LA VELOCIDAD EN LA EC

Problema detectado

- Incapacidad para correr rápido sin factores metabólicos que lo expliquen
- Incluso prácticamente doblar tiempos 5km y 10km
- Falta de adaptaciones a ritmos de carrera altos
 - ◆ Tiempo de contacto
 - ◆ Técnica de carrera específica
 - ◆ Fuerza aplicada y tiempo para aplicarla
 - ◆ Tipo de apoyo
 - ◆ Economía de carrera específica
- HIPÓTESIS: Carencia de volumen de entrenamiento a velocidad específica
- Necesidad de adaptación a ritmos de carrera altos

Entrenamiento de alta intensidad

- Entrenamiento genera adaptaciones específicas
- Raczek (1989) sugiere que entrenamiento continuado de alta intensidad puede conducir a un aumento de [La] a una misma intensidad
- Datos corroborados en mediciones propias (gráfico adyacente)



Datos propios sin publicar

- Primeras fases macrociclo: Ritmo competición objetivo genera intensidades superiores al máximo estado estable
- Posible aceleración del proceso de adaptación
- Posible aumento del lactato en máximo estado estable
- Posible incremento de la glucólisis para una misma intensidad
- CUESTIÓN → ¿Es esto beneficioso o perjudicial?

Entrenamiento de alta intensidad y carreras de larga duración

- Necesidad de disminuir la concentración de lactato en estado estable
- Necesidad de adaptarse a las demandas neuromusculares de altos ritmos de carrera. Fuerza específica
- Entreno de fuerza máxima: no mejora la coordinación específica
- Necesidad de aumentar el volumen de entrenamiento de ritmo competición sin comprometer las adaptaciones en máximo estado estable
- ¿Solución?

PROPUESTA

Entrenamiento de ritmo competición
truncado de distancia variable



CARACTERÍSTICAS

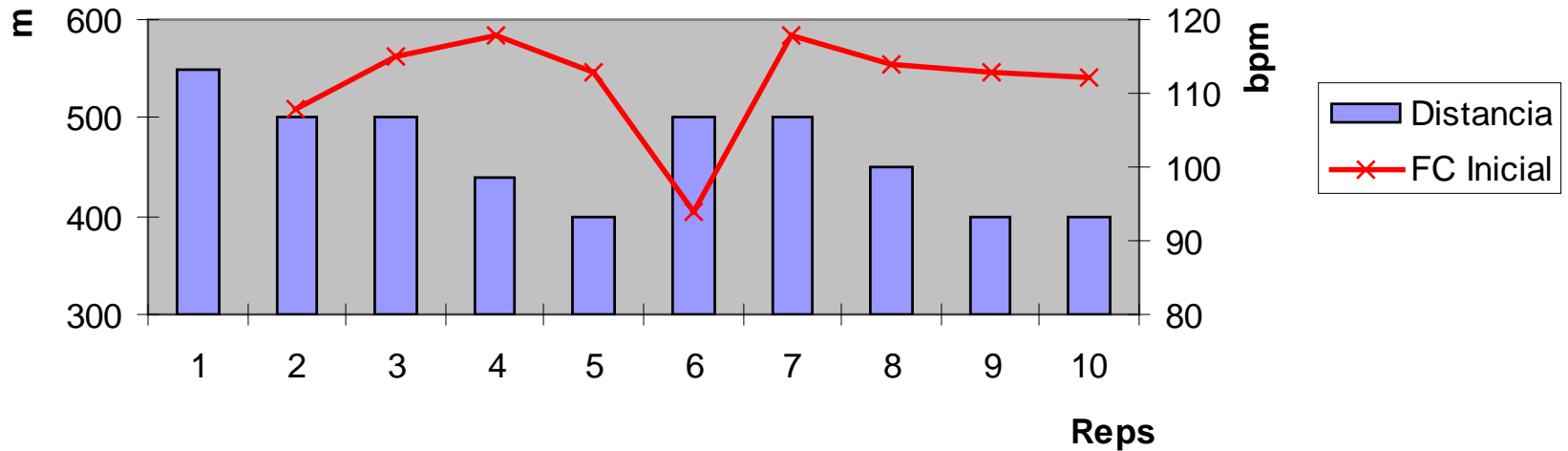
- Intensidad: 102-105% velocidad competición objetivo
- Cada repetición termina en el momento de alcanzar la fc correspondiente al máximo estado estable (tiempo y distancia variables)
- Repeticiones: Variables y en bloques. En función de la aparición de la fatiga. Cuando la distancia recorrida comienza a disminuir concluye el bloque.
- Recuperación: 1'
- Megapausa entre bloques: 3'
- Consecuencia: Lactato en estado estable a un ritmo de carrera muy superior al teórico correspondiente al máximo estado estable
- Modelización de las condiciones neuromusculares sin implicaciones metabólicas de alta exigencia
- No aceleración del proceso de puesta en forma

BENEFICIOS

- Aumento muy importante del volumen de carrera a velocidad de competición o superior
- Máxima especificidad
- Entreno del ritmo competición desde la primera semana de entrenamiento
- Interiorización del ritmo de carrera
- Coordinación, fuerza y técnica específica
- Motivación (carrera rápida y fácil control del progreso)

Ejemplo de sesión

Ritmo competición truncado (stop 165 bpm)
Ritmo: 2' 55" /1000 m. r:1'; R:3' MEEL: 4,6 mmol/l

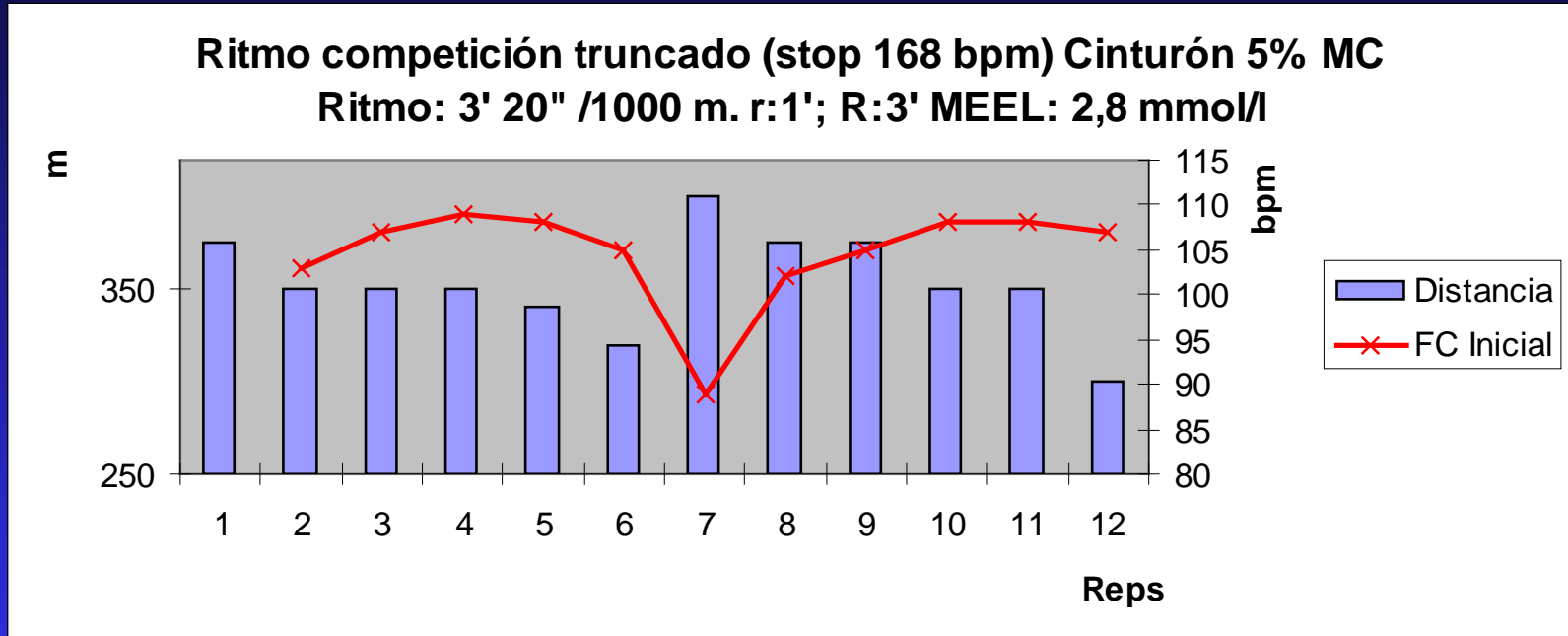


Nº Serie	Distancia	FC Final	FC Inicial	[La]
1	550	165		3,9
2	500	165	108	
3	500	166	115	4,2
4	440	165	118	
5	400	165	113	4,2
6	500	165	94	
7	500	165	118	4,1
8	450	165	114	
9	400	165	113	3,8
10	400	165	112	3,7
MEDIA	464,0	165,1	111,7	4,0

Datos propios sin publicar

Ejemplo de sesión

Mayor incidencia R. Fuerza Específica

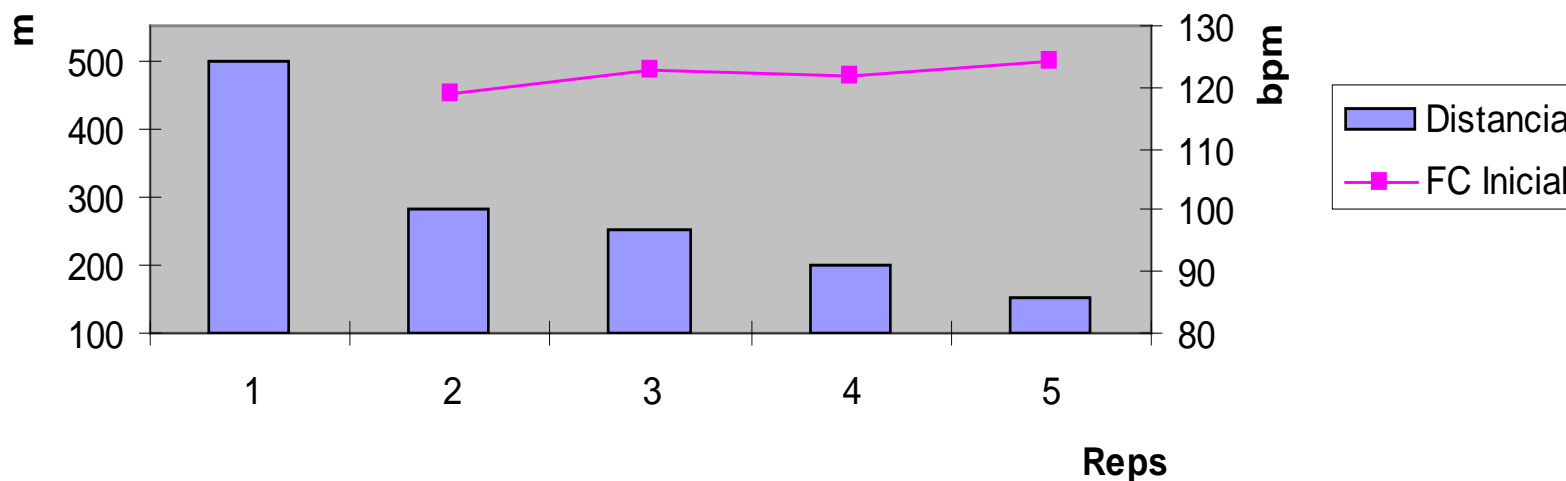


Nº Serie	Distancia	FC Final	FC Inicial	[La]
1	375	168	103	2,4
2	350	168	107	
3	350	168	109	2,5
4	350	168	108	2,6
5	340	168	105	2,4
6	320	168	89	2,4
7	400	168	102	
8	375	168	105	2,2
9	350	168	108	
10	350	168	108	2,3
11	300	168	107	2,2
12				
MEDIA	352,9	168,0	104,6	2,4

Datos propios sin publicar

Ejemplo de sesión mal prescrita

Ritmo competición truncado (stop 175 bpm)
Ritmo: 3' 35" /1000 m. r:1'; R:3' MEEL: 3,1 mmol/l

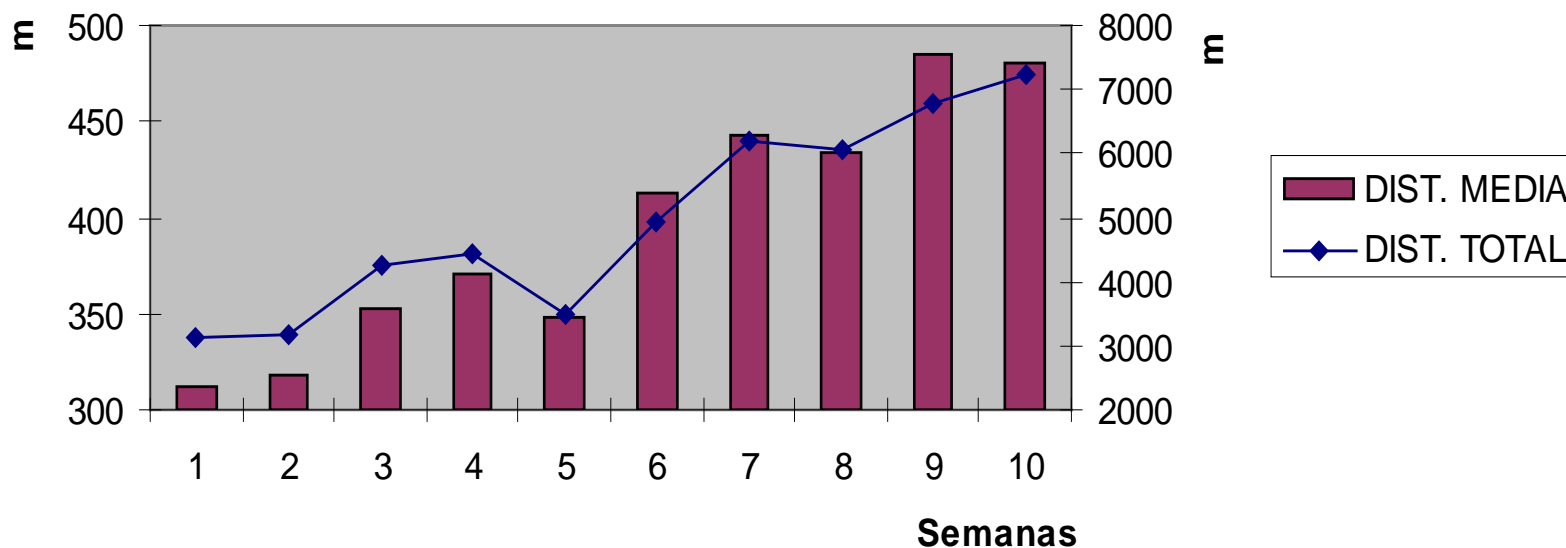


Nº Serie	Distancia	FC Final	FC Inicial	[La]
1	500	175		3,7
2	280	175	119	4,9
3	250	175	123	6,3
4	200	175	122	7,1
5	150	175	124	8

Datos propios sin publicar

Evolución distancias

Evolución entrenamiento ritmo



SEMANA	Nº SERIES	DIST. MEDIA	DIST. TOTAL
1	10	312,6	3126
2	10	318	3180
3	12	352,9	4234,8
4	12	370,7	4448,4
5	10	348,1	3481
6	12	412,6	4951,2
7	14	443,2	6204,8
8	14	433,4	6067,6
9	14	485,4	6795,6
10	15	480,9	7213,5

Datos propios sin publicar

CONCLUSIONES

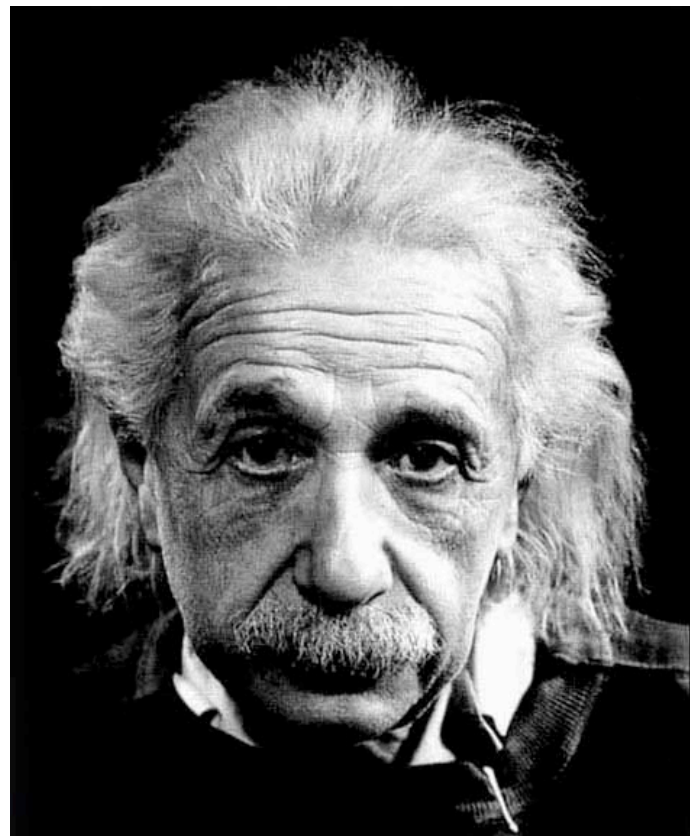
- Parece posible una determinación del MEEF no invasiva, específica, sencilla, fiable, reproducible y entrenante
- Presentamos una propuesta para el desarrollo de los factores neuromusculares ligados al ritmo competición sin alta demanda metabólica con resultados prometedores que sugieren que el método puede ser válido
- Es necesario seguir investigando, evaluando y analizando las posibilidades de estas propuestas
- Sería conveniente la reproducción de estas propuestas en otros grupos de trabajo que confirmen o refuten estos resultados



Muchas gracias

*“Si buscas resultados diferentes...
no hagas siempre lo mismo”*

A. Einstein



- Gorka Núñez Arrugaeta -