ACTUALIZACIÓN EN REHABILITACIÓN CARDIACA

12º Curso Teórico Práctico SORECAR

Hospital Universitario Reina Sofía

Córdoba, 24-25 de Enero de 2013

Planificación del ejercicio físico. Entrenamiento por pulsos continuos mantenidos versus entrenamiento interválico

Profesor: Juan Manuel García Manso

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

EVOLUACIÓN HISTÓRICA DE LA UTILIZACIÓN DEL EJERCICIO FÍSICO EN LA REHABILITACIÓN CARDIACA

- **Stokes (1854):** utiliza por primera vez la deambulación precoz e desarrolla programas de AF para los pacientes que habían sufrido un IAM.
- **Newman et al (1952):** deambulación precoz (3'-5'/d a partir de la 4ª semana posterior a un IAM).
- **Brummer et al. (1956):** deambulación ligera durante los primeros 15 días posteriores a un IAM.
- **Cain et al. (1961):** actividad física de intensidad progresiva desde el primer día posterior a sufrir un IAM.
- **OMS:** *World Health Organization* (1964) y *World Working Group: Prograin for the physical rehabilitation of patients with acute myocardial infarction* (1968).
- **O'Connor et al. (1989):** Metaanálisis sobre las ventajas de incluir el ejercicio físico en los procesos de recuperación de enfermedades cardiovasculares.
- **ACTUALMENTE:** Existe un consenso generalizado en incluir la actividad física en la rehabilitación cardiaca (Balady 2007; Graham 2007; NICE 2007; Balraj et al., 2011)

FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR

- **FACTORES MAYORES O CAUSALES:**
  - Displemias
    - Quilomicrones, VLDL, LDL y HDL
  - Hipertensión (>140-90 mmHg)
  - Hiperglucemia (126 mg/dL)
    - Diabetes Mellitus (tipos I y II)
  - Tabaquismo

- **CONDICIONALES:**
  - Hipertrigliceridemia
  - Hiperhomocisteinemia
  - Aumento de factores coagulantes

- **PREDISPONENTES:**
  - Perfil Genético
  - Género
  - **Sedentarismo**
  - **Hábitos alimenticios**
    - **Sobrepeso**
      - **IMC: >27; DC: >102 (H) >88 (M)**
  - **Factores psicosociales**
    - **Estrés**

Juan Manuel García Manso

VENTAJAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

- Mejora de la PA
- Mejora resistencia a la insulina
- Mejora metabolismo de lipoproteínas
  - ↑ HDL en plasma
  - ↓ Colesterol Total
  - ↓ LDL en plasma
  - ↓ Triglicéridos en plasma

- Vascularización corazón
- Tono autonómico
- Mejora factores de coagulación
- Reduce el componente graso
- Reduce el estrés psicológico
- Incita a reducir el consumo de tabaco
- Modifica hábitos alimenticios

FASES EN LA REHABILITACIÓN CARDIACA

FASE I: Intrahospitalaria

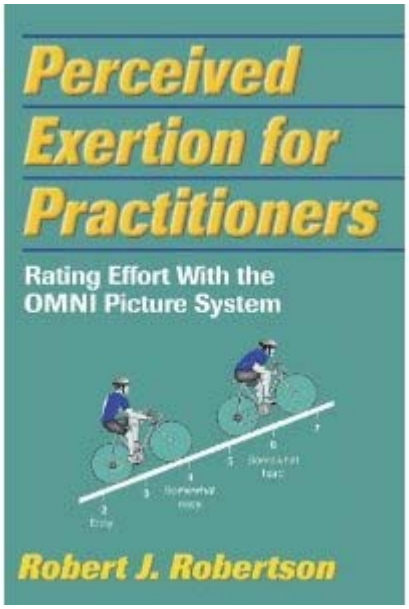
FASE II: Extra o Centros de Rehabilitación: Readaptación

FASE III: Extrahospitalaria: Normalización

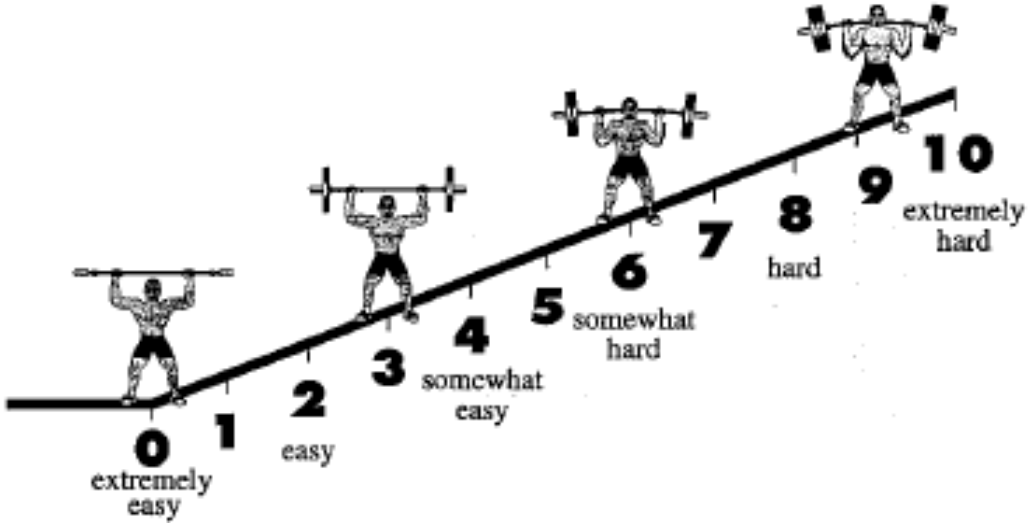
Juan Manuel García Manso

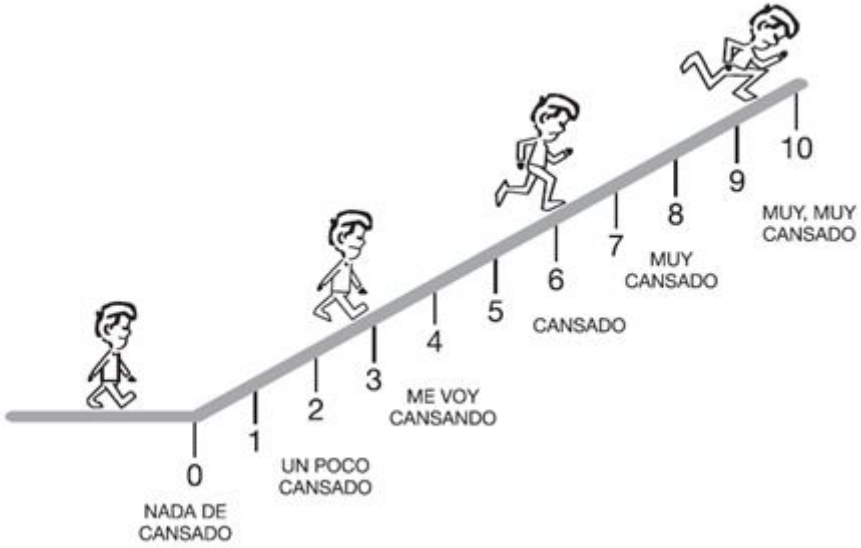
- **FASE I – INTRAHOSPITALARIA:**
  - **Actividad moderada** (movilización precoz) desde el SEGUNDO día de permanencia planta cuando los sujetos son de bajo o moderado riesgo.
  - Intervención siempre con autorización y control médico y preferentemente ejecutado por personal sanitario especializado.
    - **Ejercicios Pasivos** (movilidad articular y ejercicios respiratorios)
    - **Ejercicios Activos** (trabajo de movilidad, ejercicios respiratorios y deambulación)
      - Desplazamientos que activen, moderadamente, el sistema cardiorespiratorio y, en consecuencia, el metabolismo aeróbico
        - » Criterios de Intensidad:
          - <FC: 120-130 p/m; <60-70% de $FC_{max;}$ <45-55% RC
      - Introducción a los protocolos de *percepción y control de la fatiga* y la *intensidad de trabajo*.

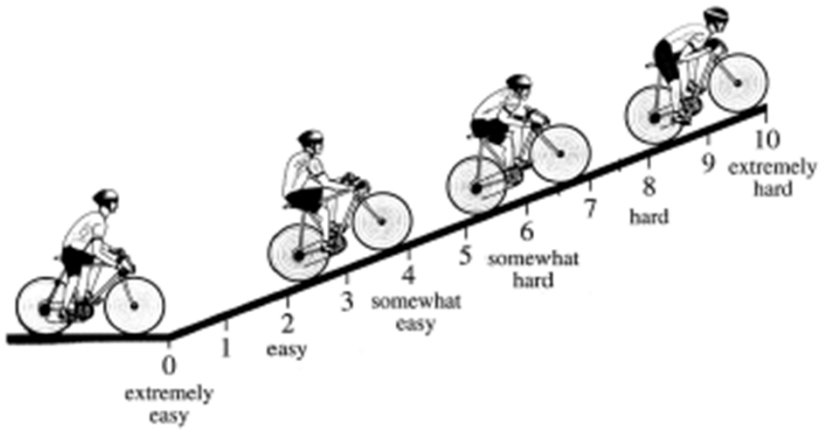
- **FASE II – ACTIVIDAD INICIAL EXTRAHOSPITALARIA: READAPTACIÓN.**
  - **Riesgo moderado a elevado**:
    - Actividad baja o moderada de carga progresiva que permita las mejoras funcionales del paciente. Siempre bajo supervisión médica.
    - Control de percepción de esfuerzo (Escalas de Borg, POMS, OMNI, etc)
    - **Esfuerzos continuos** de orientación aeróbica y tareas analíticas de movilidad articular y ejercicios de educación respiratoria.
      - Programación de cargas: incremento de volumen (hasta 1 h/d) a incremento de intensidad hasta alcanzar intensidades ligeramente superiores a:
        - » FC: 130 p/m; 60-70% de FC_{max}; 45-55% RC; 50-60% VO_{2max}.
  - **Riesgo ligero o bajo**:
    - Actividad moderada a medio-alta con objetivo de mejora y control de los factores de riesgo. Recomendable control diario de HRV.
      - **Trabajo de orientación aeróbica**
      - Propuesta de carga: Trabajo continuo o de ritmo variado adaptado con caminata o recuperación pasiva.
        - » FC: $\leq$ 160 p/m; $\leq$80% de FC_{max}; $\leq$75% R; 60-70% VO_{2max}.
      - **Trabajo ligero con sobrecargas**. Control periódico PA en esfuerzo. Evitar maniobras forzadas de Valsalva
      - Miembro superior: Intensidades de 30-40% 1RM hasta 40-60% (6RM $\rightarrow$ 11 RM)
      - Miembro inferior: Intensidades de 40-50% 1RM hasta 60-80% 1RM (6RM $\rightarrow$ 11 RM)



Escala OMNI de percepción de la Fatiga







Juan Manuel García Manso

Equivalencias aproximadas entre FC y VO_2 (ACSM – 2002)

%VO2	%HRR	%HRmx
40%	40%	64%
50%	50%	71%
60%	60%	77%
70%	70%	84%
80%	80%	91%
85%	85%	94%

Requisitos previos:

Conocer VO_{2max};

Valor del MET: 3,5 $m \cdot kg^{-1} \cdot min\text{-}1$;

Equivalencias por actividad.

Juan Manuel García Manso

ESTIMACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDICA MÁXIMA

Autor	Ecuación	Modalidad	Ecuación
Karvonen	FCM = 220 - Edad	Carrera H y M	FCM = 208.75 - (0.73xEdad)
U. Ball State - Hombres - Mujeres	FCM = 209 - (0.7 x Edad) FCM = 214 - (0.8 x Edad)	Natación H y M	FCM = 204-(1.7xEdad)
Jones	FCM = 210 - (0.65 x Edad)	Ciclismo Hombres Mujeres	FCM = 202 - (0.72 x Edad) FCM = 189 - (0.56 x Edad)
Sheffield: - Entrenado - No Entrenado	FCM = 205 - (0.45 x Edad) FCM = 198 - (0.41 x Edad)	Hombres Mujeres	FC = [(210*(0.5xEdad)) -1%PC]+4 FC = [(210*(0.5xEdad)) -1%PC]+4
Imbar 1994:	FCM: 205.8 - (0.685 x Edad)		

Juan Manuel García Manso

Rehabilitación cardíaca. Historia. Indicaciones. Protocolos

Fuente: Maroto y Prados

Tabla 1-7. Gastos energéticos, medidos en mets de distintas actividades laborales y deportivas en sujetos de 70 kg

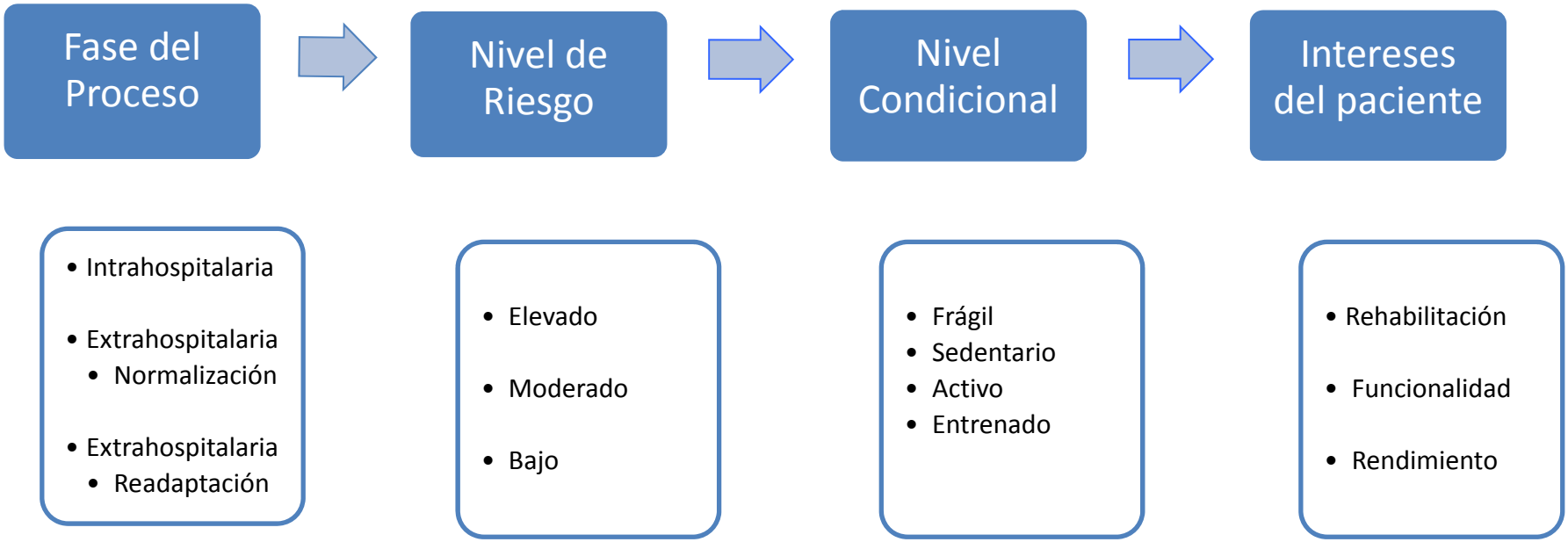
Mets	Actividad laboral	Actividades de tiempo libre
1-2	Oficina, trabajos manuales ligeros, conducir un automóvil, médico, profesor, delineante, impresor, peluquero, barrer suelos, planchar	Coser y hacer punto, permanecer de pie, marchas a 1,5 km/h, conducir una moto por terreno llano
2,5-3	Portero de inmuebles, cerrajero, electricista, panadero, empapelador, cirujano, conducir automóviles, grúas e instrumentos agrícolas, guisar, lavar platos, quitar el polvo, sacudir alfombras, tender la ropa	Marchas a 3 km/h (terreno llano), montar a caballo al paso, billar, bolos, petanca, golf, pesca con sedal, tocar instrumentos musicales
3,5-4	Conducir un camión, picapedrero, soldador, albañil (levantar paredes), mecánico (automóviles), instalación eléctrica, empujar carretillas (35 kg), limpiar cristales, abrillantar suelos	Marchas a 4 km/h, bicicleta a 10 km/h, tiro con arco, tenis de mesa, montar a caballo (trote), pescar con mosca y botas de agua
4,5-5	Pintar con brocha, albañilería, carpintería y tapicería, peletería, barnizar, fregar suelos	Marchas a 5 km/h, bicicleta a 13 km/h, bailar, tenis (dobles), recoger hojas
5,5-6	Transportar objetos (30 kg), cavar en el jardín, mover tierra suelta con una pala, trabajo industrial	Marcha (7 km/h), bicicleta (16 km/h), patinaje sobre ruedas o hielo, esquí náutico, caza, levantamiento de pesas (5 kg, 10 veces por minuto)
6,5-7	Transportar objetos (35 kg), partir leña, trabajar con pala de 4,5 kg	Carreras (8 km/h), tenis individual, bádminton, canoa (7 km/h)
7,5-8	Transportar 40 kg, cavar zanjas, serrar madera dura, colocar vías férreas, trabajos en zonas de gran calor o elevado nivel de vapor de agua	Montañismo, esquí de fondo, motocross, árbitro (baloncesto, fútbol)
8,5-9	Trabajo de minas y fundición, transportar objetos de 45 kg	Correr (9 km/h), ciclismo (23 km/h), natación (35 m/min), levantamiento de pesas (8 kg, 10 veces/minuto)
> 9	Trabajar con pala de más de 7,5 kg durante períodos de 10 minutos	Esgrima y rugby (10 mets), baloncesto, fútbol, judo, lucha y pelota vasca (12 mets), levantamiento de pesas (más de 13 kg, 10 veces por minuto)

1 met (consumo de oxígeno en reposo) = 3,5 cc de O_2/kg/min. cc: centímetros cúbicos; h: hora; kg: kilogramo; km: kilómetro; min: minuto; O_2: oxígeno.

- **FASE III – Normalización:**
  - **Sujetos de moderado riesgo**.
    - *Modelo de trabajo*. Esfuerzos aeróbicos de carácter continuo, o con ritmos variados adaptados (marcha o carrera), y ejercicios analíticos de acondicionamiento muscular e intensidad moderada.
      - » Intensidad: FC: ≤ 160 p/m; ≤80% de FC_{max}; ≤75% RC
  - **Sujetos de bajo riesgo**,
    - *Modelo de trabajo*. Esfuerzos aeróbicos con intensidades de:
      - » Intensidad:

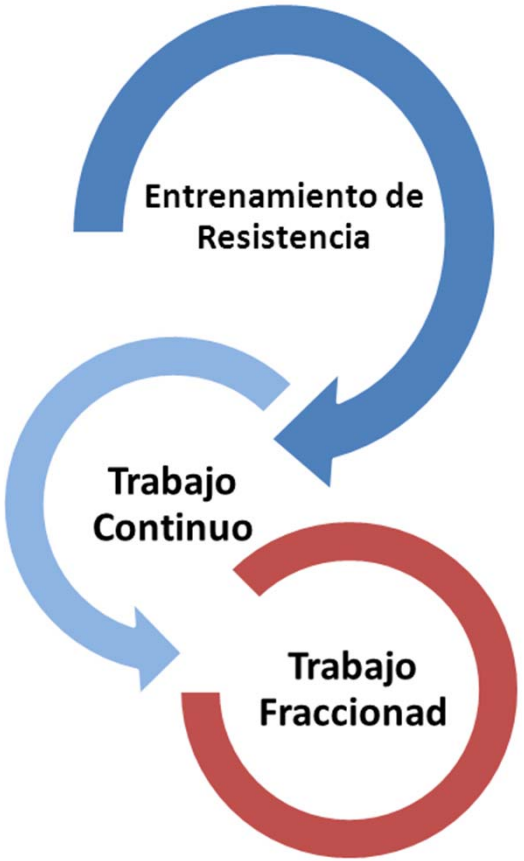
        FC: 160-175 p/m; 80-90% de FC_{max};75-85% RC; 70-80% VO_{2max}.
      - Entrenamiento gimnástico
      - Entrenamiento aeróbico (carrera; ciclismo; remo; etc.):
        - » Esfuerzos Continuos
        - » **Fraccionados (Estimulo, Intensidad, Recuperaciones y Volumen de trabajo): del IT a los Fraccionados tipo VAM terminando en all-out**
      - **Entrenamiento con sobrecargas**
        - » Miembro superior: Intensidades de 30-40% 1RM hasta 40-60% 1RM
        - » Miembro inferior: Intensidades de 40-50% 1RM hasta 60-80% 1RM
        - » Preferencia por las cargas ligeras y acciones explosivas.

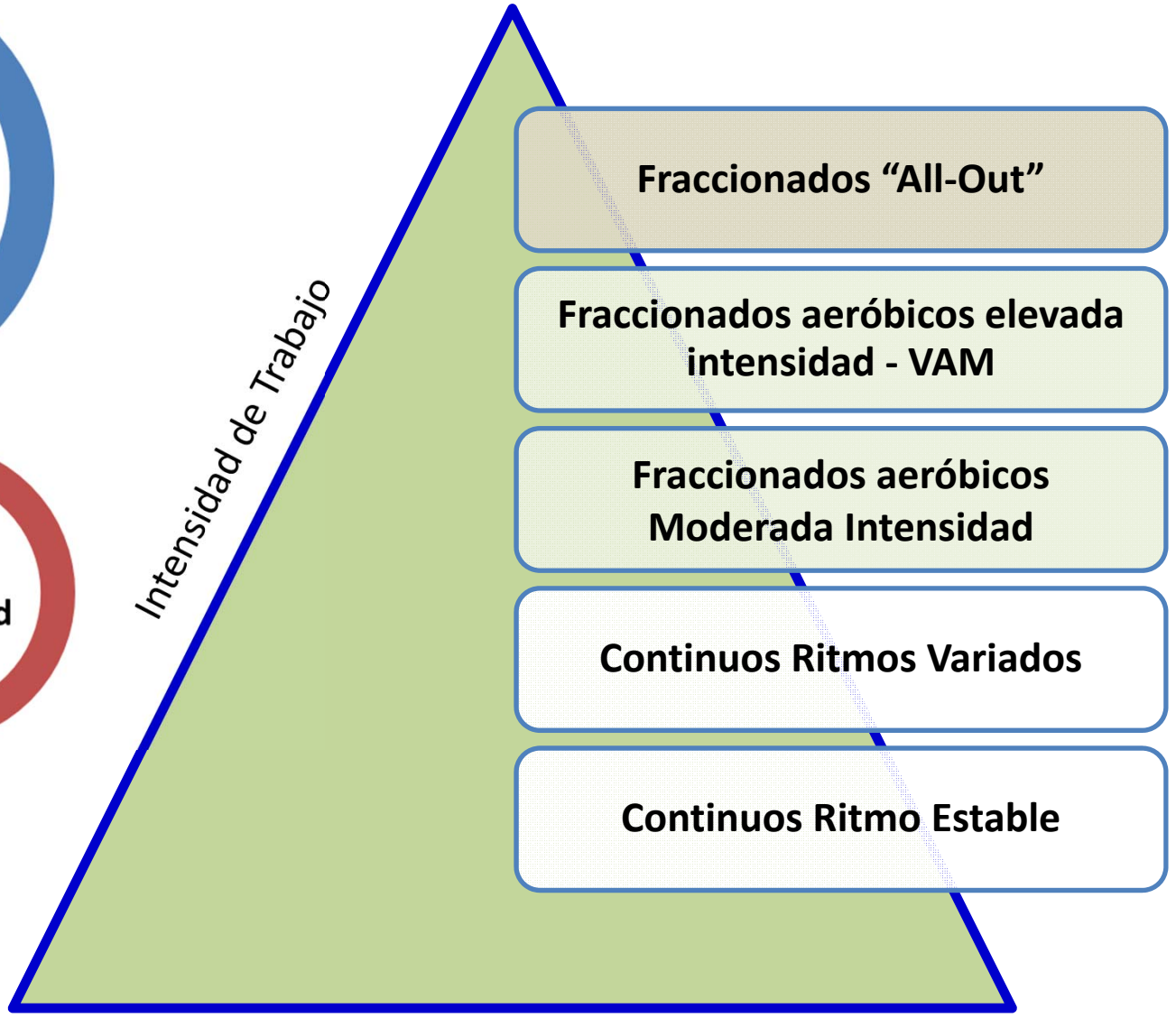
DISEÑO DE LA ACTIVIDAD



TRABAJO DE RESISTENCIA EN REHABILITACIÓN CARDIACA

ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA





ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO

Fraccionado Orientación Aeróbica

Extensivos vs. Intensivos

- **Moderada Intensidad**
  - Interval Training
  - Entrenamiento por repeticiones
- **Elevada Intensidad**
  - Fracciones a Intensidad VAM o vVO_{2max}
- **Máxima Intensidad**
  - All Out

Fraccionado Orientación Anaeróbica

Extensivos vs. Intensivos

- **Mejora de la Capacidad del Metabolismo Anaeróbico Láctico (Extensivos)**:
  - Capacidad Buffer
  - Capacidad de eliminación del lactato
  - Tolerancia a la acidosis metabólica
- **Mejora de la Potencia del Metabolismo Anaeróbico Láctico (Intensivos):**
  - Capacidad enzimática

Juan Manuel García Manso

MODELOS DE ENTRENAMIENTO INTERMITENTE

- **Intensidad Submáxima.**
  - Extensivos a intensidad
    - -<10-15% VAM (vVO_{2max})
  - Intensivos a intensidad
    - 10-15% VAM (vVO_{2max})
- **Intensidad Máxima.**
  - Extensivos Máximos
    - -Intensidad 10%-30% de la VAM (vVO_{2max}),
  - Supramáximos (all-out) (>30% de la VAM).

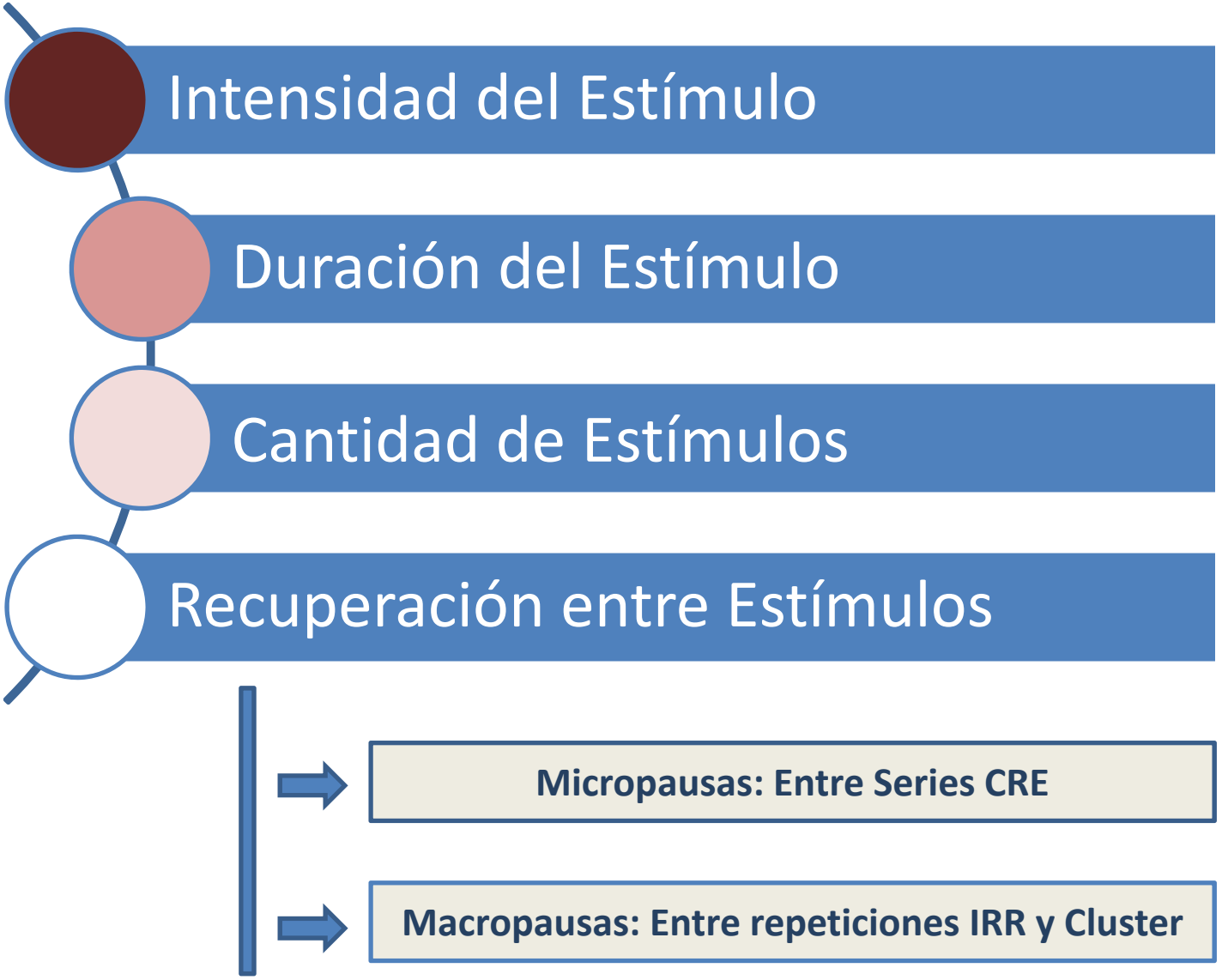
EJEMPLO DE ESTRATEGIAS EN EL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO

- **Duración de los Estímulos y Relación T/R.**
  - Duración Muy Corta (≤4”-8”).
    - T/R: 4” - 10” a 12”.
    - T/R: 6” - 10” a 15”.
  - Duración Media (8” a 15”).
    - T/R: 8”-10”, 8”- 15”.
    - T/R: 10”-10”, 10”- 20”.
    - T/R: 15”-15”, 15”- 20”, 15”- 30”.
  - Duración Larga (≥15” ≤30”).
    - T/R: 20”-10”, 20”-20”, 20”-30”, 30”-30”.
  - Duración Muy Larga (≥30”).

Juan Manuel García Manso

Contenido de los Estímulos Fraccionados



PROTOTIPOS BÁSICOS DE TRABAJO INTERMITENTE

Ejemplos para deportistas entrenados

INTENSIDAD	MODELO	CARÁCTER	LACTATO
100% VAM	10"-10"	Predominantemente Aeróbico	<2 mmol/l
	20"-20"	Predominantemente Aeróbico	<2 mmol/l
	30"-30"	Predominantemente Aeróbico	<2 mmol/l
105% VAM	10"-10"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	20"-20"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	30"-30"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
110% VAM	10"-10"	Aeróbico - Anaeróbico	2-4 mmol/l
	20"-20"	Predominantemente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	30"-30"	Fuertemente Anaeróbico	>6 mmol/l
115% VAM	10"-10"	Predominantemente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	20"-20"	Fuertemente Anaeróbico	>6 mmol/l
	30"-30"	Fuertemente Anaeróbico	>6 mmol/l

Juan Manuel García Manso

PROTOTIPOS BÁSICOS DE TRABAJO INTERMITENTE

INTENSIDAD	MODELO	CARÁCTER	LACTATO
130% VAM	10"-10"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	10"-20"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	20"-20"	Predominantemente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	30"-30"	Fuertemente Anaeróbico	>6 mmol/l
150% VAM	5" -10"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	5" – 15"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	10"-10"	Predominantemente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	10"-20"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	20"-20"	Fuertemente Anaeróbico	>6 mmol/l
	30"-30"	Fuertemente Anaeróbico	>6 mmol/l
>150% VAM	5" -10"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	5" – 15"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	2-4 mmol/l
	10"-10"	Predominantemente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	10"-20"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	10"-30"	Aeróbico – Moderadamente Anaeróbico	4-6 mmol/l
	20"-20"	Fuertemente Anaeróbico	>10 mmol/l
	30"-30"	Fuertemente Anaeróbico	>10 mmol/l

Juan Manuel García Manso

High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation

Thibaut G, Nigam A, Gremeaux VG, Meyer P, Juneau M, Bosquet L

Sports Med 2012; 42 (7): 587-605

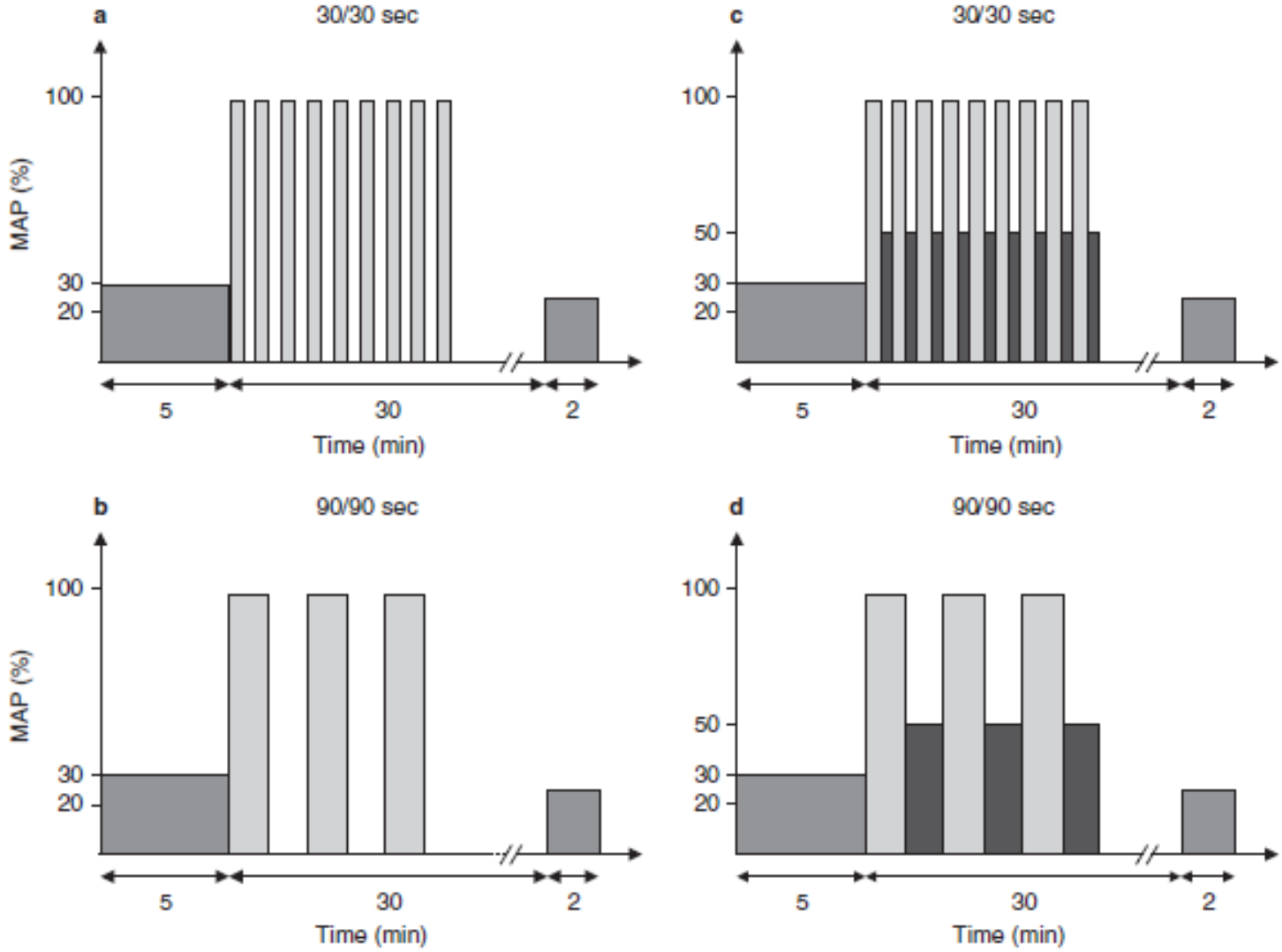


Fig. 4. Different training protocols. Mode (**a**) and (**b**) ratio 1 : 1, MI 50%, amplitude 200%, mode (**c**) and (**d**) ratio 1 : 1, MI 75%, amplitude 66%. **MAP** = maximal aerobic power.

High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation

Thibaut G, Nigam A, Gremeaux VG, Meyer P, Juneau M, Bosquet L

Sports Med 2012; 42 (7): 587-605

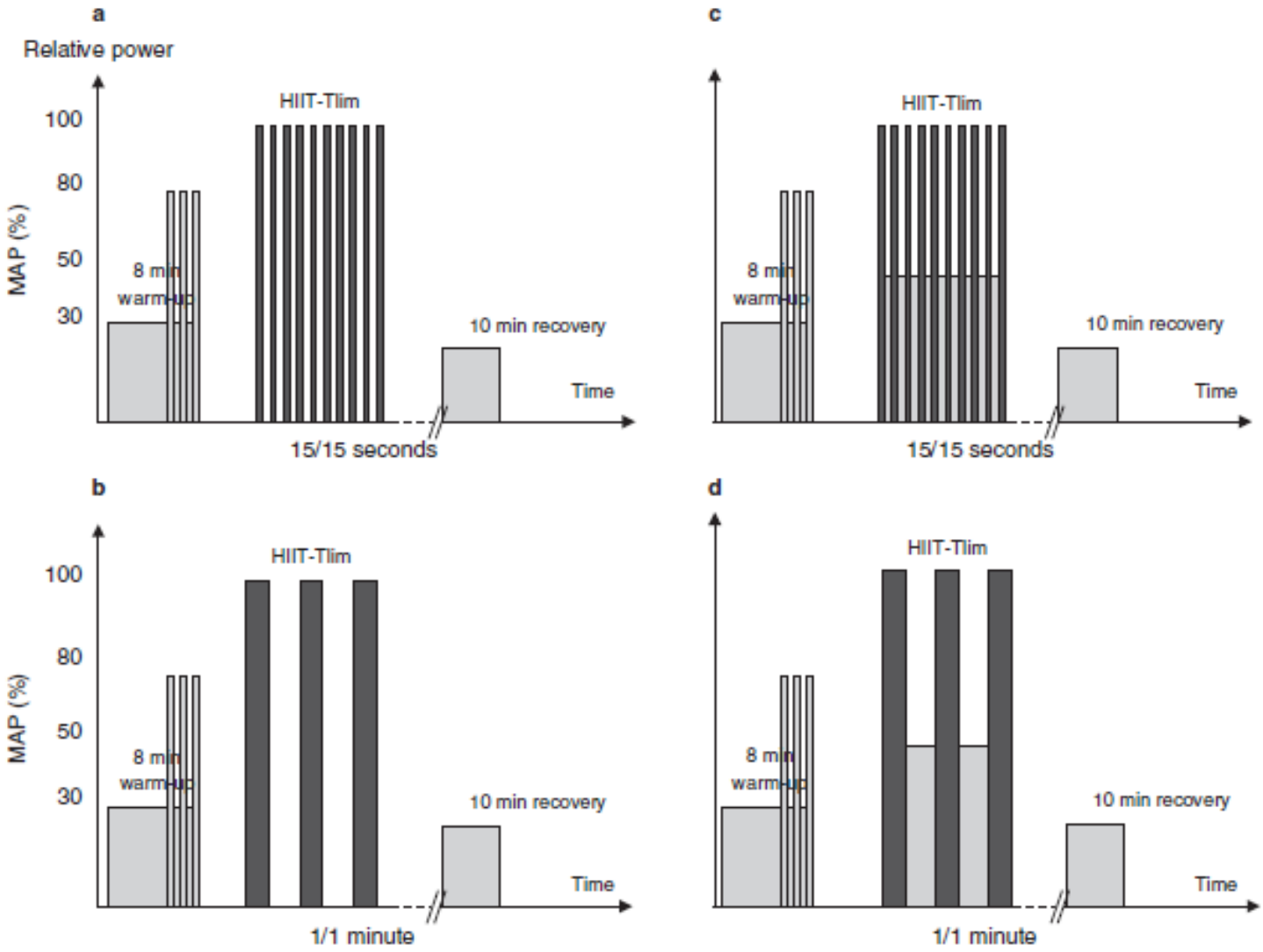


Fig. 1. Different training protocols. Mode (**a**) and (**b**) ratio 1 : 1, mean intensity 50%, amplitude 200%; mode (**c**) and (**d**) ratio 1 : 1, mean intensity 75%, amplitude 66%. **HIIT** = high-intensity interval training; **MAP** = maximal aerobic power; **Tlim** = time to exhaustion.

High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation

Thibaut G, Nigam A, Gremeaux VG, Meyer P, Juneau M, Bosquet L

Sports Med 2012; 42 (7): 587-605

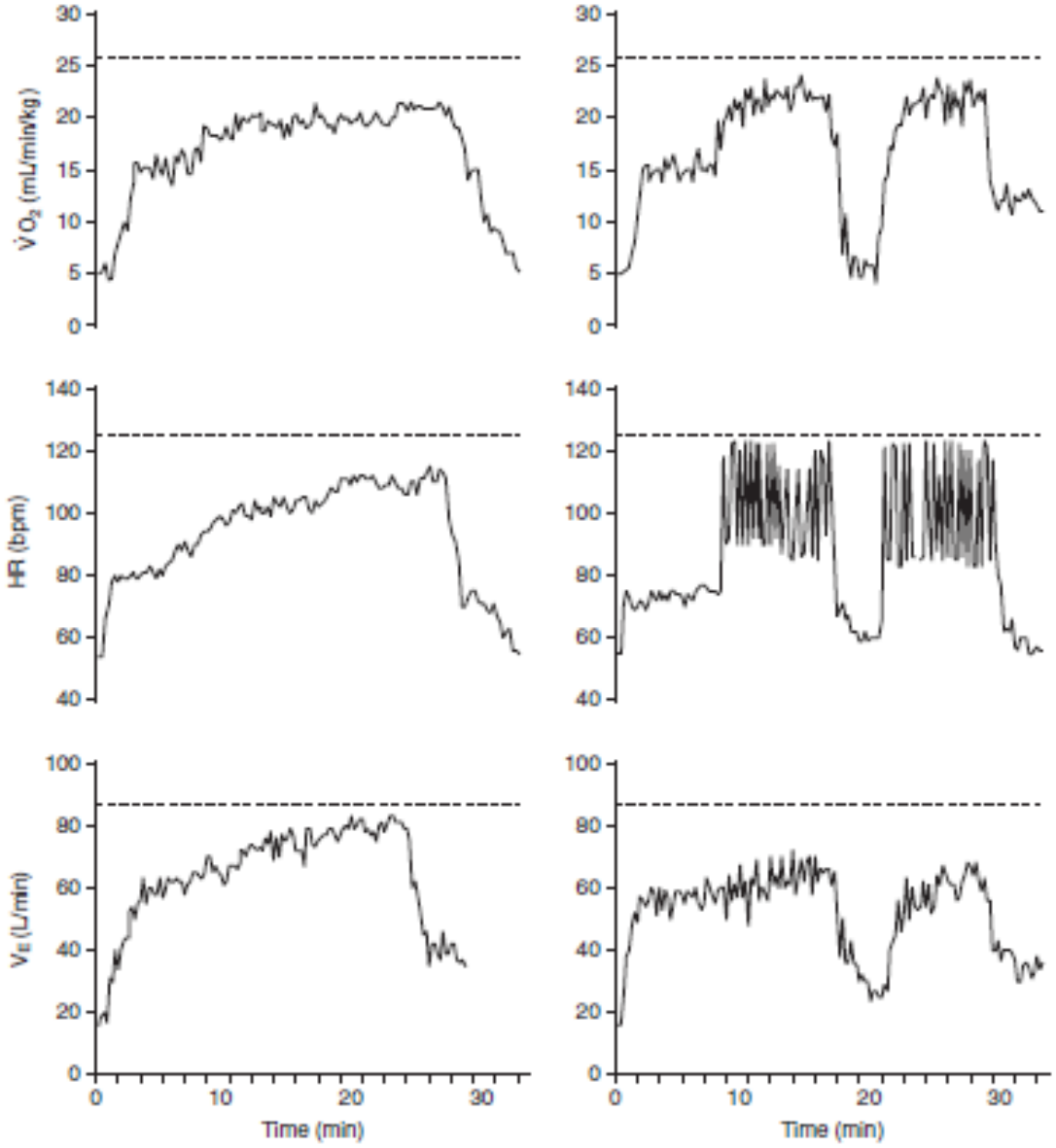


Fig. 2. Oxygen consumption, heart rate and ventilation in a patient during continuous exercise (left panel) and interval training (right panel). The continuous exercise consisted of maintaining an intensity of 70% of MAP for 28.7 minutes, and high-intensity interval training after a 10-minute warm-up at 50% of MAP consisted of two series of 10 minutes each comprising 15-second periods of exercise at 100% of MAP interspersed with 15-second phases of passive recovery. The two series were separated by 4 minutes of rest and ended with a 5-minute recovery period (ratio 1:1, mean intensity 50%, amplitude 200%). The dotted line shows the maximal values for this coronary artery disease patient for the three criteria. **bpm** = beats per minute; **HR** = heart rate; **MAP** = maximal aerobic power; V_E = ventilation; $\dot{V}O_2$ = oxygen consumption.

ACTIVIDAD FÍSICA INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD "ALL-OUT"

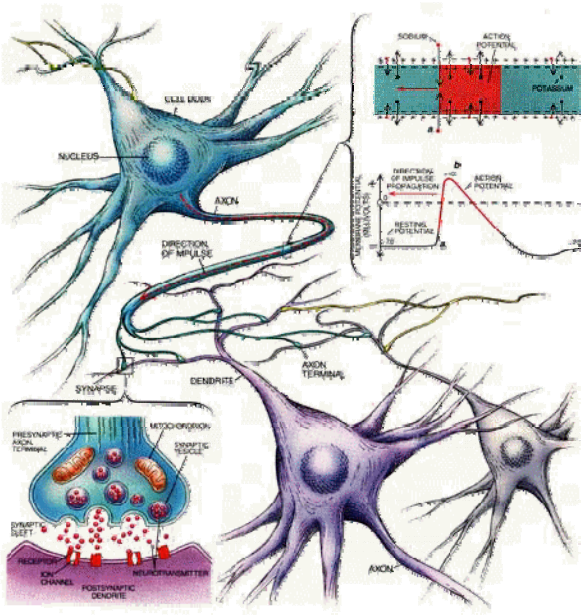
Son las manifestaciones deportivas en las que los sujetos realizan repetidamente, durante un período prolongado de tiempo (incluso >1 hora), esfuerzos máximos (o cercanos al máximo) intercalados con intervalos de recuperación cortos (de recuperación activa o pasiva).

Frecuentemente son denominados en la bibliografía especializada en entrenamiento deportivo como:

Repeated-Sprint Ability (RSA)

RESPUESTA AGUDA DEL SISTEMA NERVIOSO

- **NIVEL NEURAL:**
  - **Incremento de la frecuencia de estimulación neural.**
    - **Cambios en la excitabilidad muscular.**
      - Alteraciones en la bomba Na^+/K^+
      - Alteraciones en la bomba del Ca^{++}
  - **Mejora de la coordinación intermuscular.**
  - **Mejora de la coordinación intramuscular.**
  - **Mejora la fuerza muscular.**
  - **Mejora la propiocepción.**

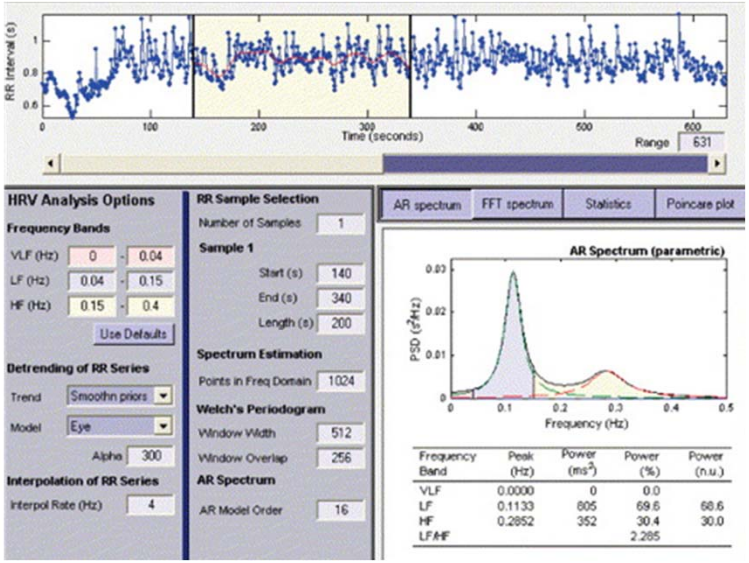


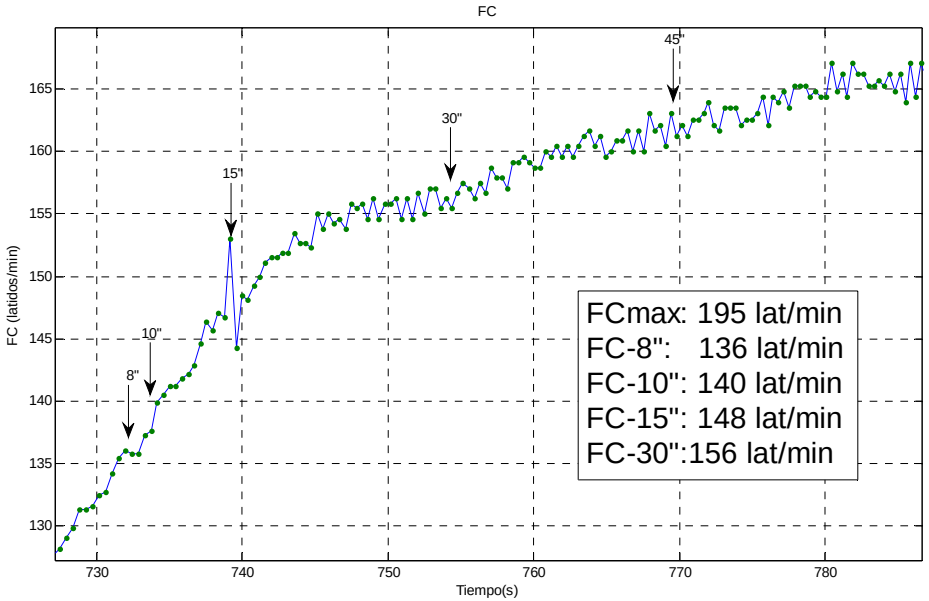
- **Mejora del Equilibrio, los mecanismo de Reequilibración y el ajuste postural.**

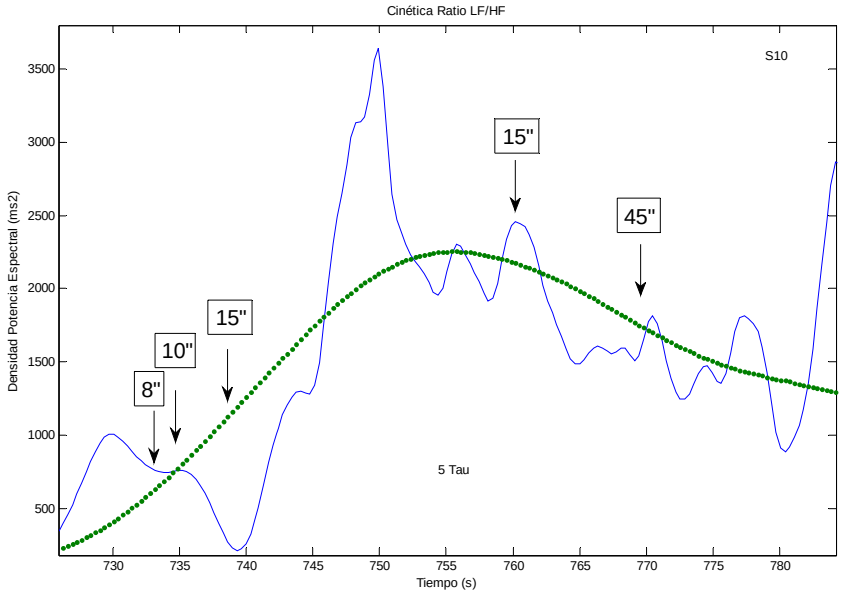
RESPUESTA AGUDA CARDIOVASCULAR

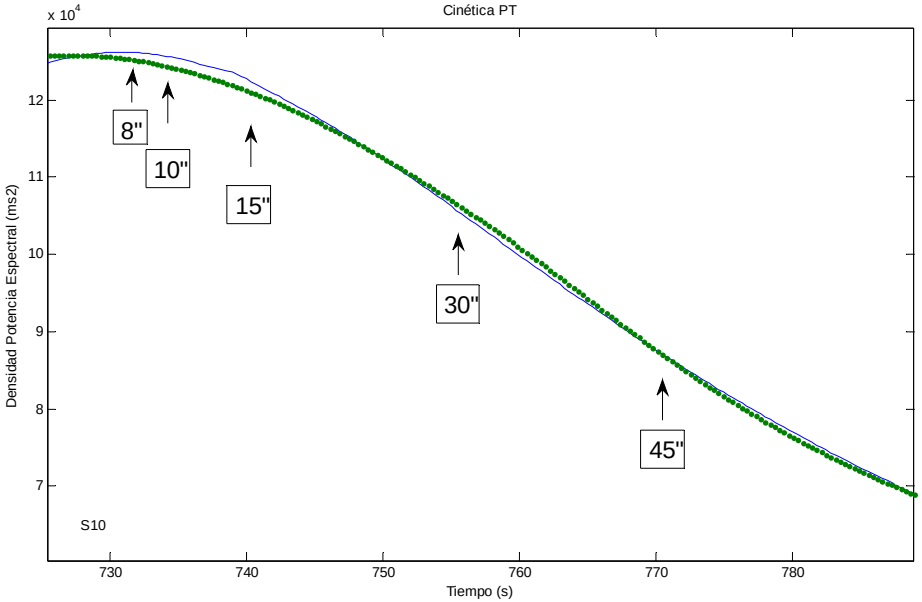
- **NIVEL CARDIOVASCULAR:**
  - **Reduce la frecuencia cardiaca basal y mejora la economía cardiaca.**
  - **Incrementa la contractilidad del músculo cardiaco.**
  - **Aumenta hipertrofia cardiaca.**
  - **Aumenta el volumen del ventrículo izquierdo.**
  - **Mejora el control vegetativo del RC.**
    - **Incremento de la VFC (↑ PT)**
    - **Incremento del tono parasimpático (↑ LF y ↑ %LF sobre PT)**
    - **Reducción de la influencia simpática (↑ HF y ↓ %HF sobre PT)**
  - **Incremento de la vascularación (central y periférica)**
  - **Aumenta la elasticidad y la morfología vascular**

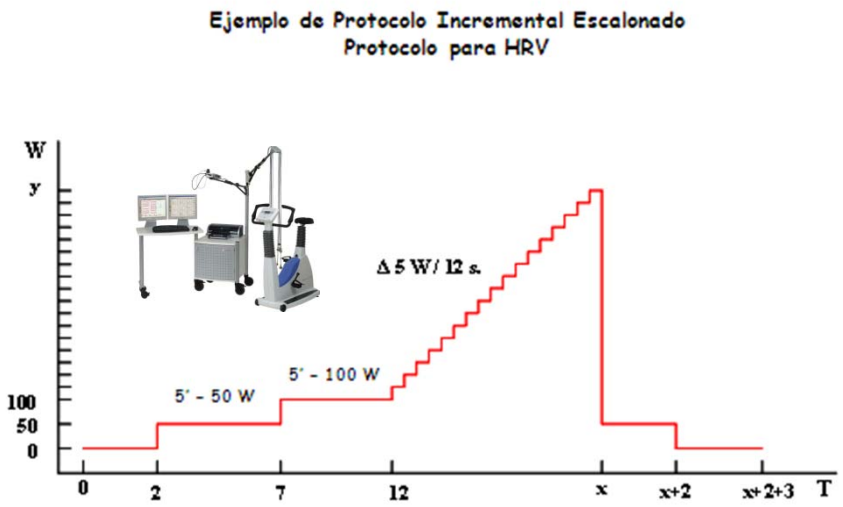
Juan Manuel García Manso

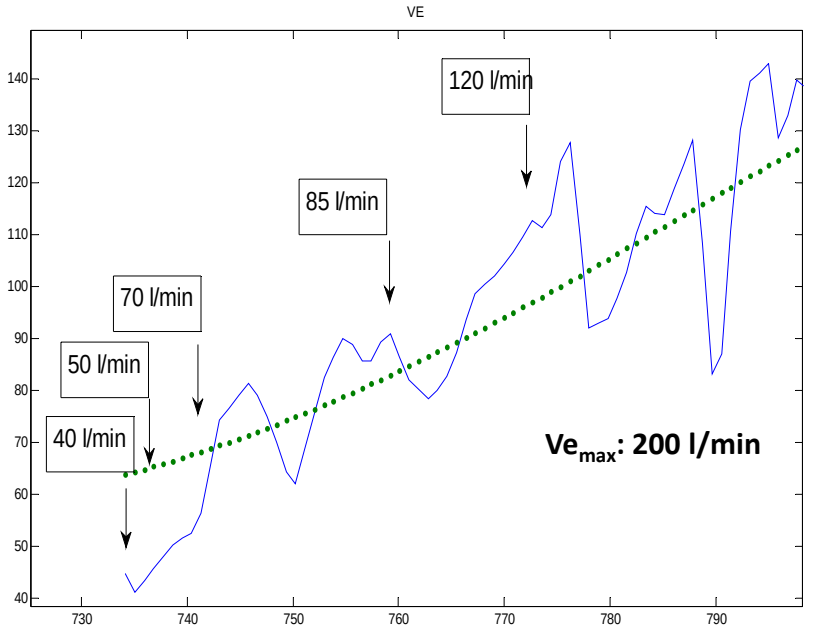

RR Interval (s)
Time (seconds)
Range 631
HRV Analysis Options
Frequency Bands
VLF (Hz) 0 - 0.04
LF (Hz) 0.04 - 0.15
HF (Hz) 0.15 - 0.4
Use Defaults
Detrending of RR Series
Trend Smoothn priors
Model Eye
Alpha 300
Interpolation of RR Series
Interpol Rate (Hz) 4
RR Sample Selection
Number of Samples 1
Sample 1
Start (s) 140
End (s) 340
Length (s) 200
Spectrum Estimation
Points in Freq Domain 1024
Welch's Periodogram
Window Width 512
Window Overlap 256
AR Spectrum
AR Model Order 16
AR spectrum
FFT spectrum
Statistics
Poincare plot
AR Spectrum (parametric)
PSD (s²/Hz)
Frequency (Hz)
Frequency Band | Peak (Hz) | Power (ms²) | Power (%) | Power (n.u.)
VLF 0.0000 0 0.0
LF 0.1133 605 69.6 68.6
HF 0.2852 352 30.4 30.0
LF/HF 2.285

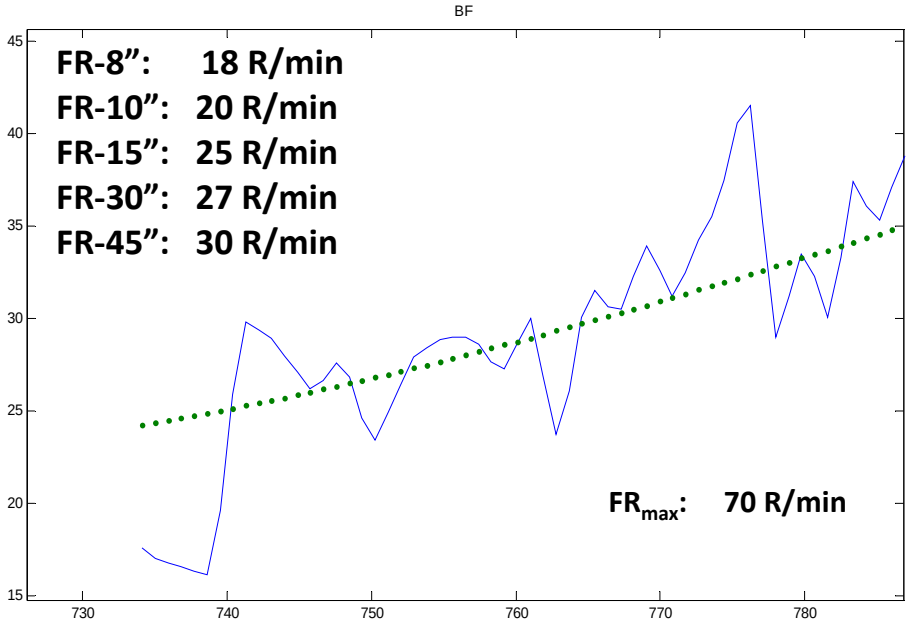

FC
FC (latidos/min)
Tiempo(s)
8"
10"
15"
30"
45"
FCmax: 195 lat/min
FC-8": 136 lat/min
FC-10": 140 lat/min
FC-15": 148 lat/min
FC-30":156 lat/min

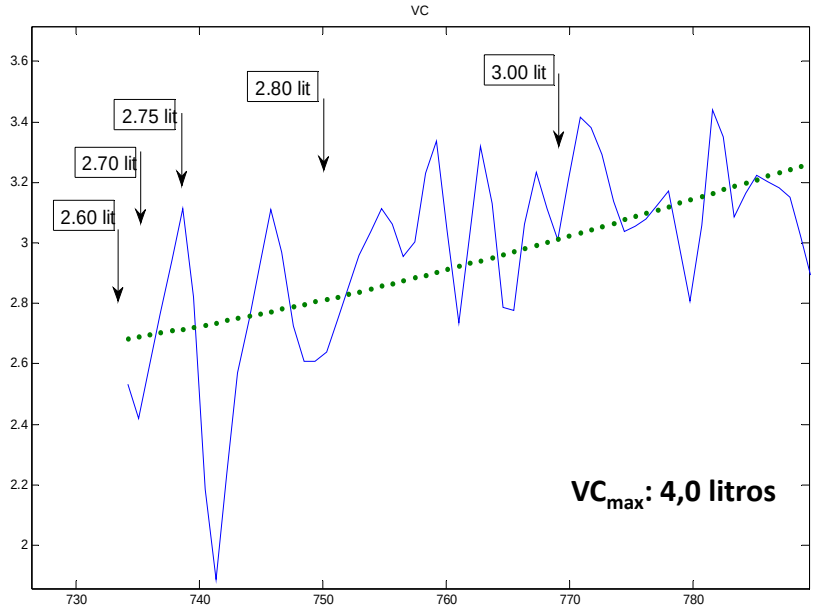

Cinética Ratio LF/HF
S10
Densidad Potencia Espectral (ms2)
Tiempo (s)
8"
10"
15"
45"
5 Tau


Cinética PT
x 10⁴
Densidad Potencia Espectral (ms2)
Tiempo (s)
8"
10"
15"
30"
45"
S10


Ejemplo de Protocolo Incremental Escalonado
Protocolo para HRV
W
y
Δ 5 W/ 12 s.
5' - 50 W
5' - 100 W
100
50
0
0
2
7
12
x
x+2
x+2+3
T


VE
120 l/min
85 l/min
70 l/min
50 l/min
40 l/min
Ve$_{max}$: 200 l/min


BF
FR-8": 18 R/min
FR-10": 20 R/min
FR-15": 25 R/min
FR-30": 27 R/min
FR-45": 30 R/min
FR$_{max}$: 70 R/min


VC
3.00 lit
2.80 lit
2.75 lit
2.70 lit
2.60 lit
VC$_{max}$: 4,0 litros

OBJETIVO METABÓLICO PRIORITARIO

Creatin Fosfato

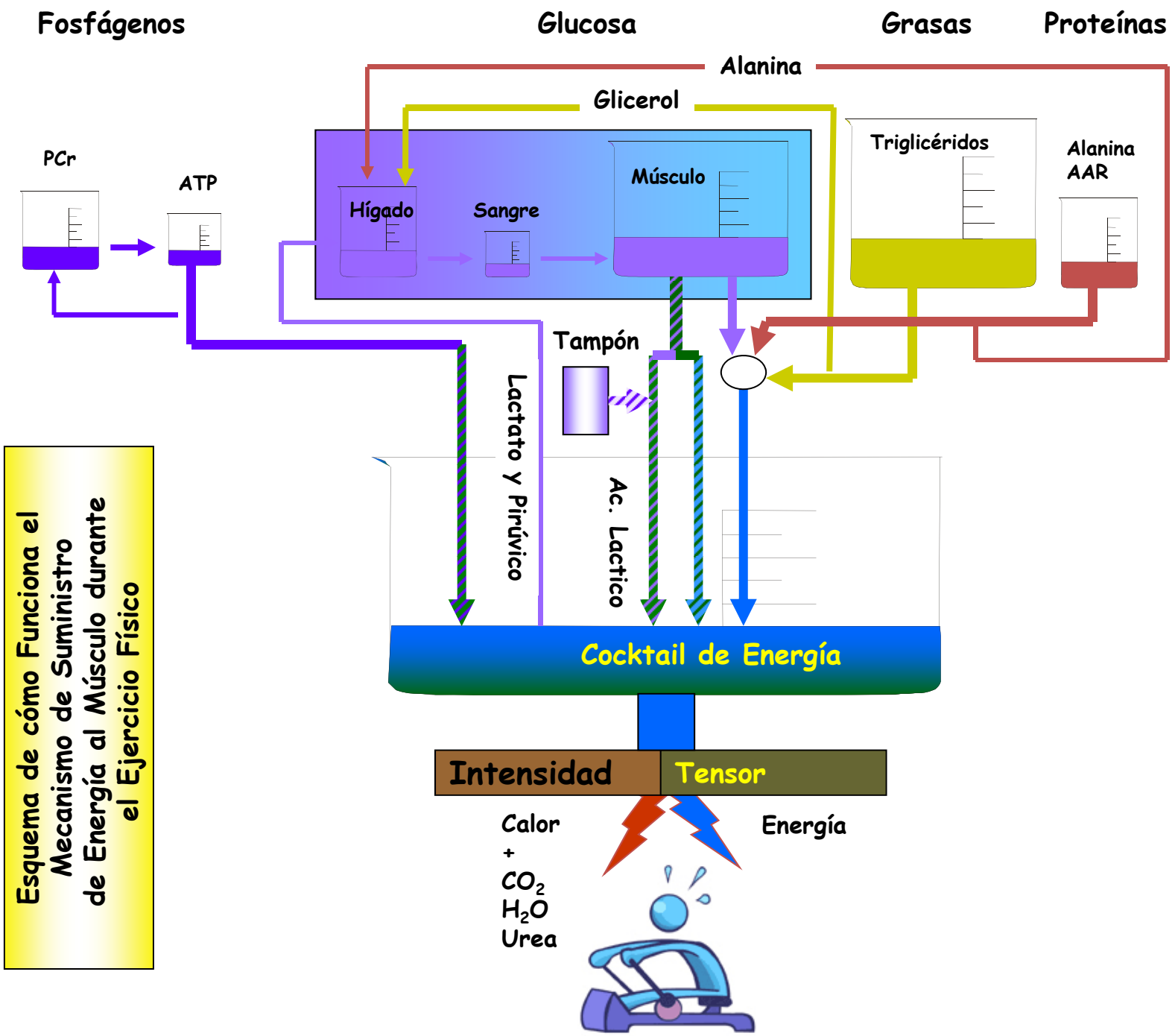
Metabolismo Aeróbico

"Pool Nucleótidos de Adenina"

Ciclo de las Purinas

Metabolismo Anaeróbico Láctico

Juan Manuel García Manso


Fosfágenos
Glucosa
Grasas
Proteínas
Alanina
Glicerol
PCr
ATP
Hígado
Sangre
Músculo
Triglicéridos
Alanina
AAR
Tampón
Lactato y Pirúvico
Ac. Lactico
Cocktail de Energía
Intensidad
Tensor
Calor
+
CO_2
H_2O
Urea
Energía
Esquema de cómo Funciona el
Mecanismo de Suministro
de Energía al Músculo durante
el Ejercicio Físico

RESPUESTA AGUDA METABÓLICA

- **NIVEL METABÓLICO:**
  - **Incide sobre la utilización y recuperación de las reservas orgánicas de O_2 (Mg y Hb).**
  - **Afecta a la reserva (niveles, utilización y recuperación) de sustratos energéticos.**
    - Reservas de fosfágenos (ATP – PCr).
      - Degradación elevada o reducido pool de nucleótidos de adenina
    - Baja eficiencia del mecanismo PCr – ADP
      - Deficiencia enzimática
    - Reducido efecto *shuttle* del CrP (*paradoja metabólica de la fosfocreatina*).
      - Alteraciones en tasa y actividad de la CK-Mi
    - Reducida degradación de glucógeno vía anaeróbica láctica
  - **Acumulación de metabolitos que provocan acidosis metabólica.**
    - Amortigua una potencial acidosis metabólica
      - Mejora de la capacidad buffer de la creatina.
      - Mejora la eliminación del lactato.
        - Déficit de transportadores de lactato (MCT).

Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, et al.

Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise.

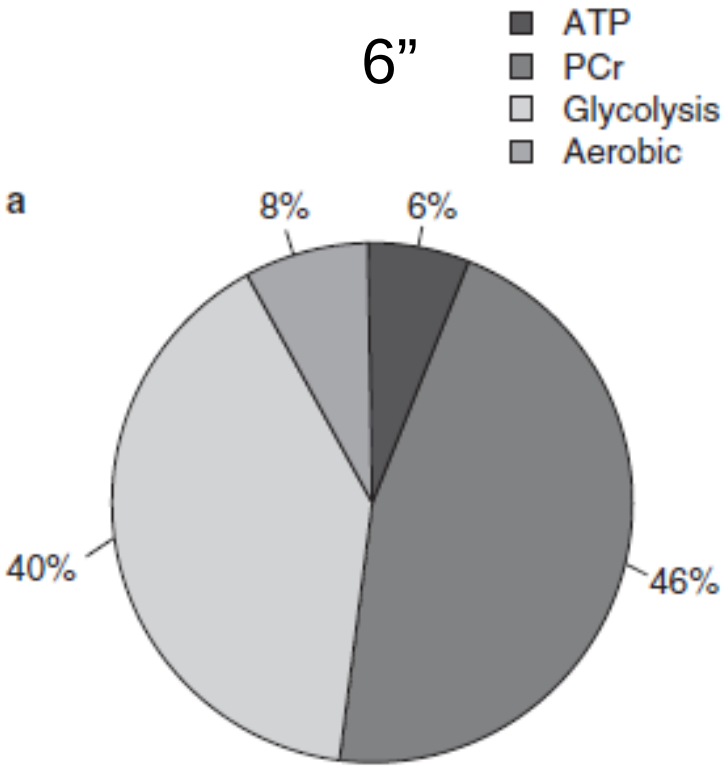
J Appl Physiol 1993; 75: 712-719

SPENCER, M., BISHOP, D., DAWSON, B., GOODMAN, C.

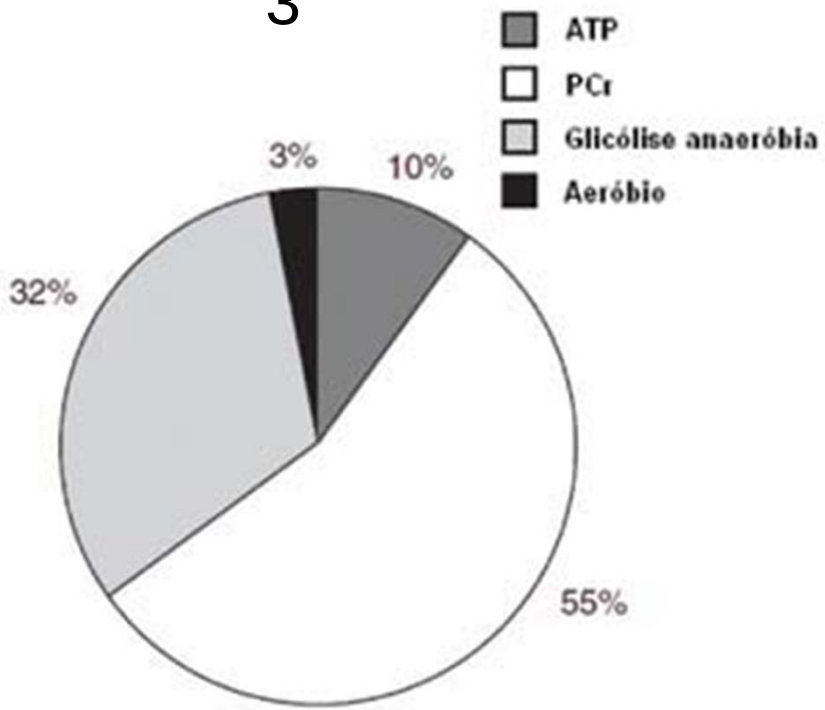
Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports.

Sports Med. 35(12):1025-44. 2005

6”



3”



Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, et al.

Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise.

J Appl Physiol 1993; 75: 712-719

10 series de 6” recuperando 30”

Cambios en el metabolismo de:

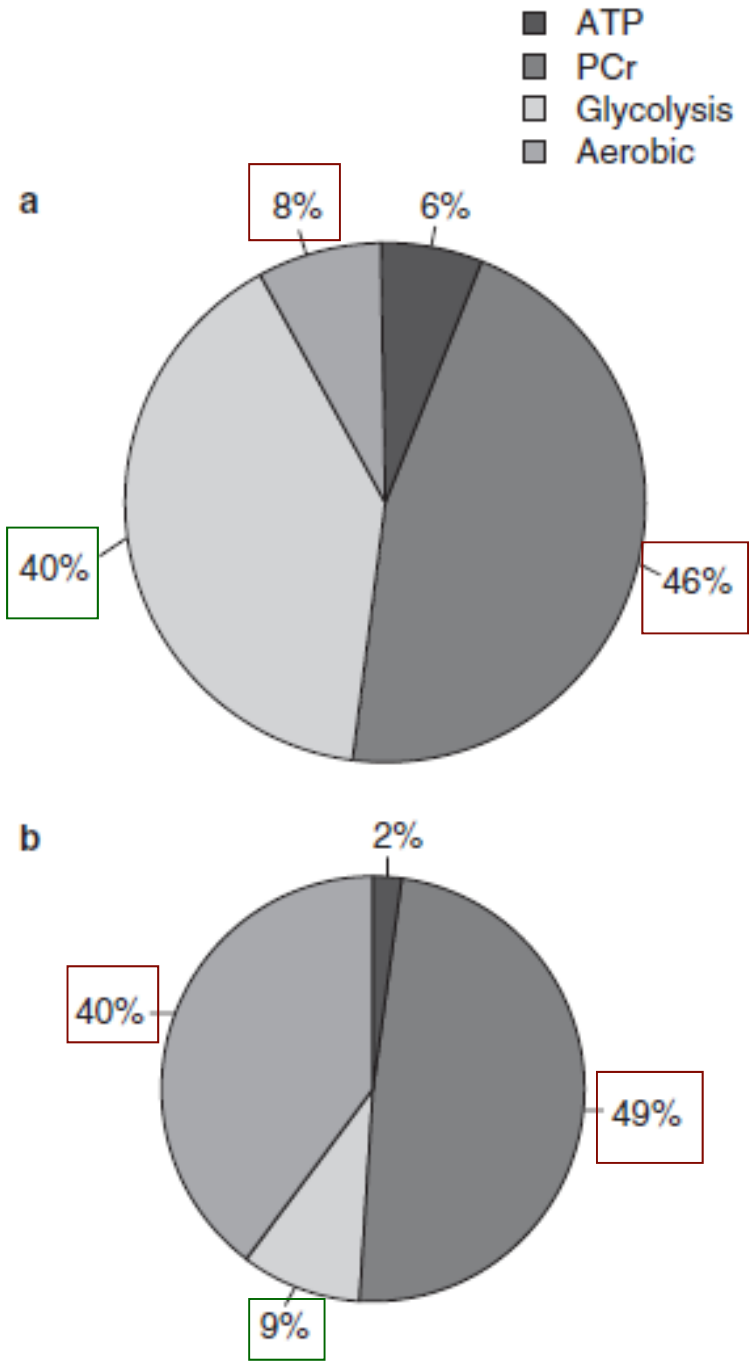
(a) Primer sprint
(b) Último sprint

Entrenamiento tipo:

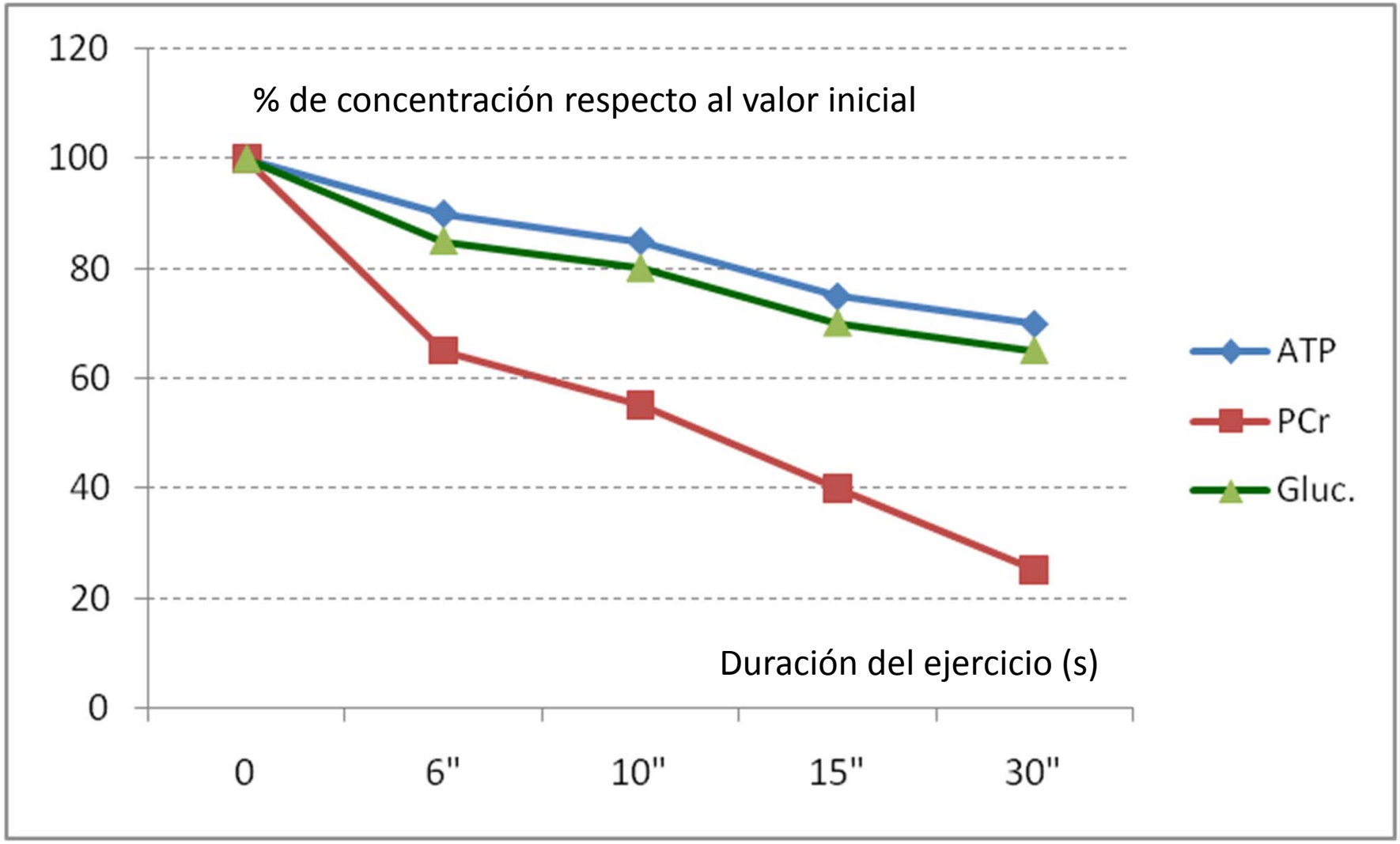
Repeated-Sprint Exercise.

Notese que el área de cada círculo representa la energía total gastada durante los dos sprints analizados.

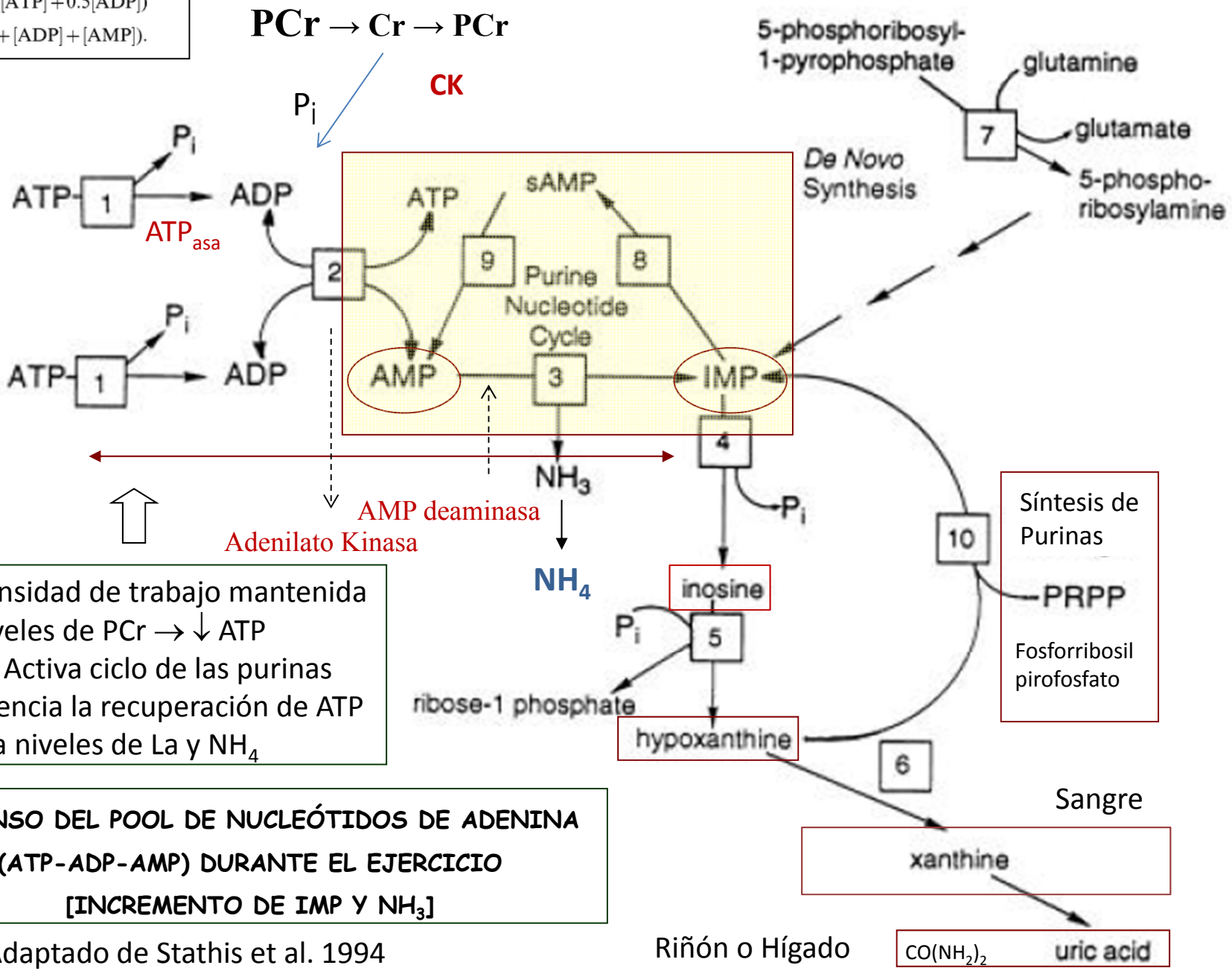
CONCLUSIÓN: The last sprint, power output was supported by energy that was mainly derived from PCr degradation and an increased aerobic metabolism.



Concentraciones musculares teóricas de ATP, PCr y Glucógeno
al final de ejercicios de máxima intensidad y diferente duración



Energy charge = ([ATP] + 0.5[ADP])
/([ATP] + [ADP] + [AMP]).

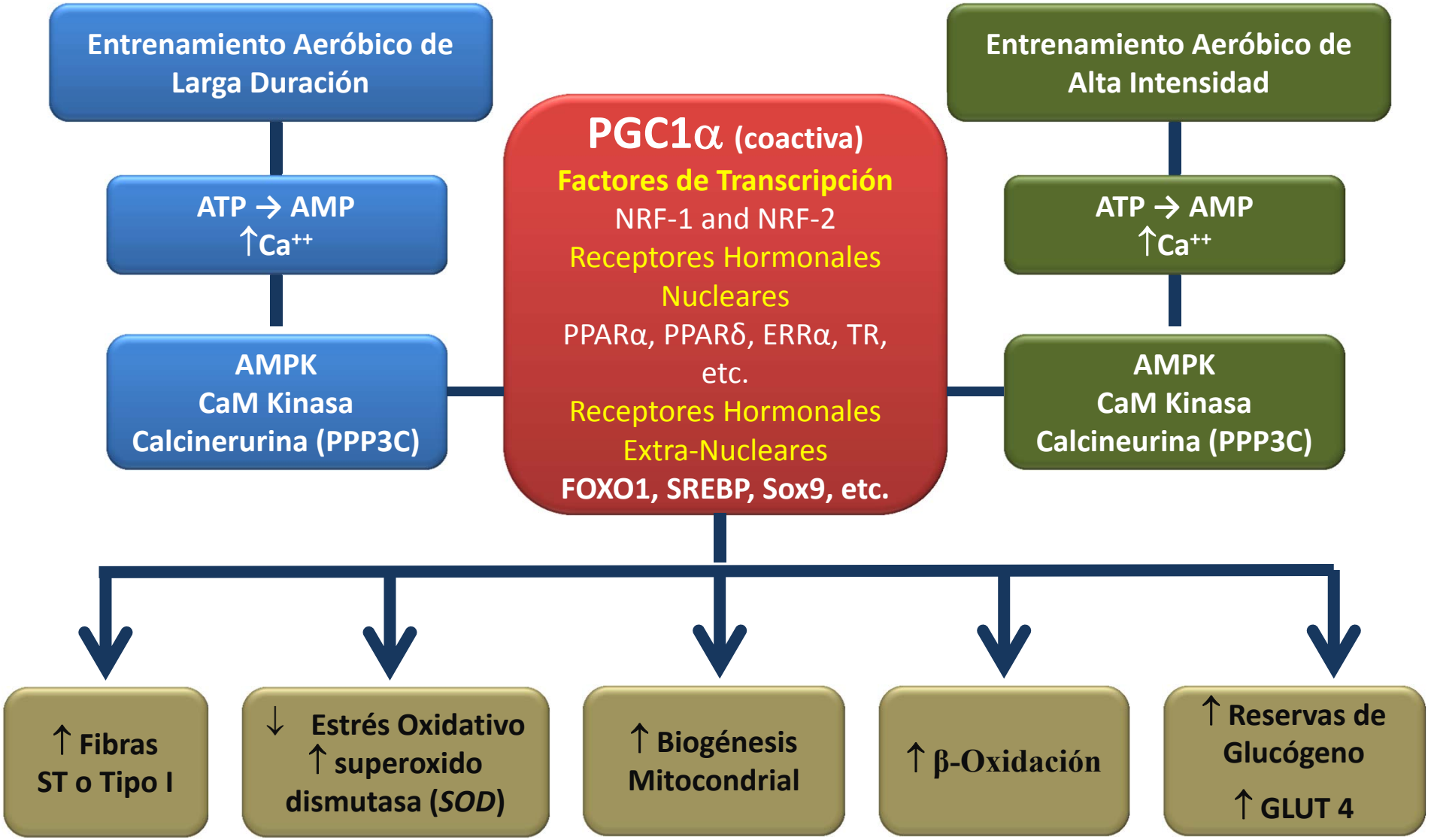


Alta intensidad de trabajo mantenida
Bajos niveles de PCr → ↓ ATP
–IMP → Activa ciclo de las purinas
Esto potencia la recuperación de ATP
Aumenta niveles de La y NH_4

DESCENSO DEL POOL DE NUCLEÓTIDOS DE ADENINA (ATP-ADP-AMP) DURANTE EL EJERCICIO [INCREMENTO DE IMP Y NH_3]

Adaptado de Stathis et al. 1994

Peroxisome proliferator-activated receptor-γ coactivator (PGC)-1α



Adaptado y modificado de Laursen, 2010. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports*: 20 (Suppl. 2): 1-10.

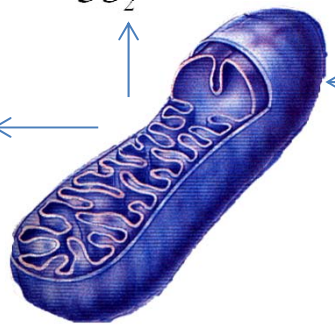
IMPORTANCIA DE LA PCr Y LA CK EN EL SUMINISTRO ENERGÉTICO

Respiración y
O_2 en Hb y Mb

CO_2

O_2

ATP



ADP + Pi

Alimentos (cartne roja y pescado) y
Ayudas ergogénicas (creatina y AA)

HÍGADO + Páncreas y Riñones

Glicina + Arginina → Acetato de Guanidina

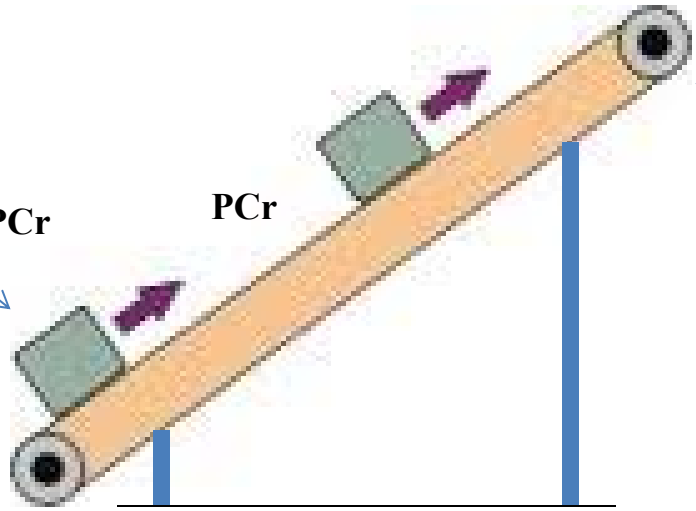
+ S-Adennosilmetionina →

Adenosilhocisteina + Creatina

PCr

Mi-CK

PCr



CITOSOL

PCr **ATP** ATPasa

MM-CK

Cr + P ⟷ ADP + Pi

+ H^+
Buffer

ATP

Cr

Juan Manuel García Manso

MEJORA DE LA CAPACIDAD OXIDATIVA COMO RESPUESTA EN EL TRABAJO INTERMITENTE (I)

- La participación del metabolismos aeróbico aumenta con el número de repeticiones realizadas durante un trabajo intermitente (Gaitanos et al., 1993; McGawley y Bishop, 2008)
- Incrementan la capacidad respiratoria mitocondrial (Thomas et al., 2004).
- Mejora la re-oxigenación celular tras esfuerzo (Buchheit y Ufland, 2011).
- Se incrementa la cantidad y actividad de enzimas mitocondriales (CS, 3hdroxiacil CoA deshidrogenasa) (Saltin et al., 1976; Burgomaster et al., 2005; Burgomaster et al., 2007; Talanian et al., 2007; Burgomaster et al., 2008; Iaia et al., 2009; Little et al., 2010).
- La RSA está comprometida por los niveles de VO_{2max} (Dowson et al., 1993; McMahon & Wenger, 1998; Tomlin & Wenger, 2002; Bishop et al., 2004; Bishop y Edge, 2006; Brown et al., 2007; Glaister et al., 2007; Burgomaster et al., 2008; Rampinini et al., 2009; Rampinini et al., 2010) y la intensidad de trabajo a intensidad de Umbral Anaeróbico (da Silva et al., 2010).

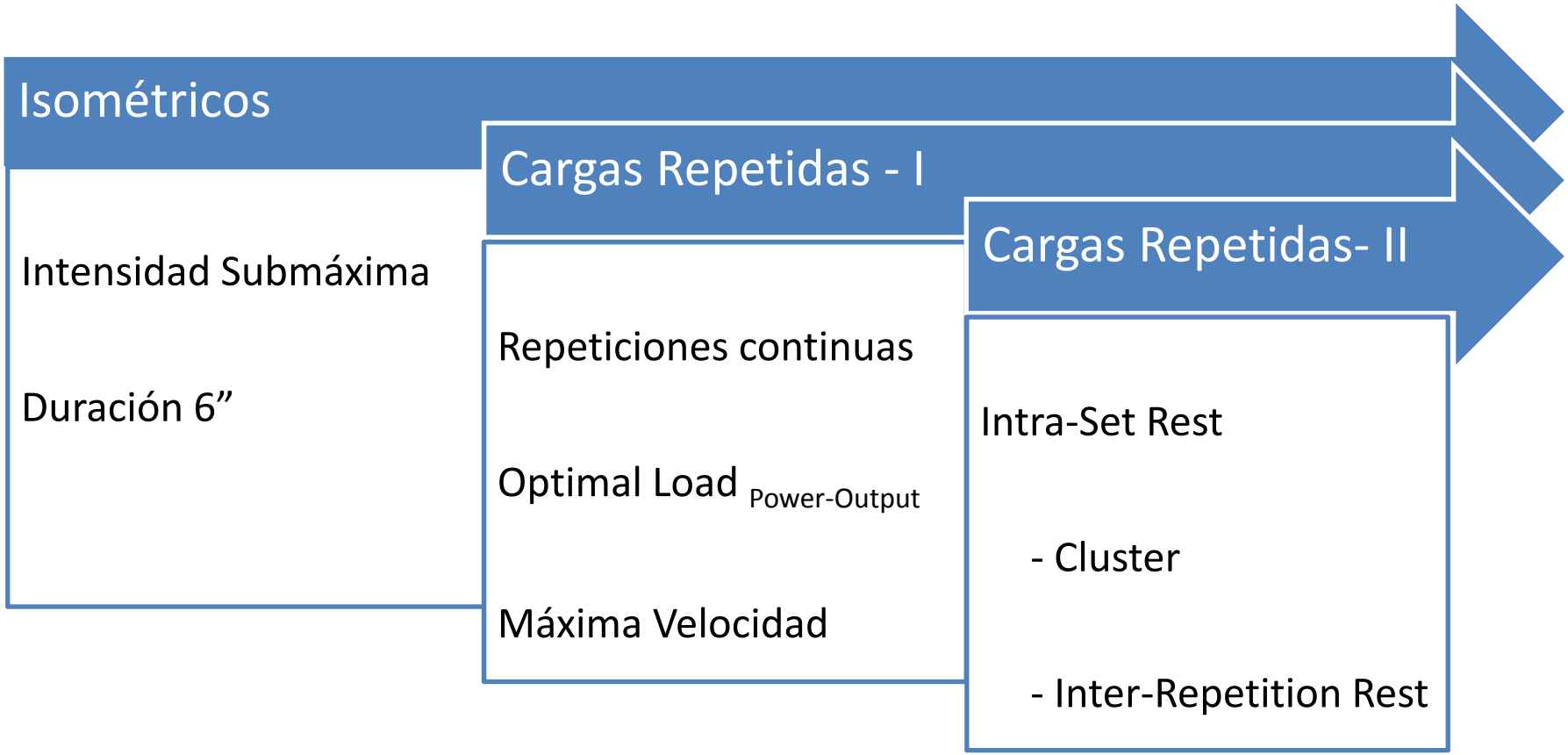
MEJORA DE LA CAPACIDAD OXIDATIVA COMO RESPUESTA EN EL TRABAJO INTERMITENTE (II)

- Aumenta la participación del metabolismo de las grasas en el aporte de energía (Gibala, 2006; Talanian et al., 2007; Burgomaster et al., 2007; Burgomaster et al., 2008).
- Acelera la cinética inicial del VO_2 (Dupont et al., 2005; Rampinini et al., 2010).
- Disminuye la utilización del glucógeno (Nevill et al., 1989; Harmer et al., 2000; Clark et al., 2004; Barnett et al., 2004; Burgomaster et al., 2008), especialmente por su degradación a través del metabolismo anaeróbico láctico y la acumulación de lactato (Harmer et al., 2000; Clark et al., 2004; Barnett et al., 2004; Gibala et al., 2006; Burgomaster et al., 2006).
- Aumenta la capacidad tampón (buffer) (Bishop et al., 2003; Bishop et al., 2004; Bishop y Edge, 2006; Gibala et al., 2006) con especial incidencia en un aumento de los trasportadores del lactato (MCH) (Juel, 1998; Ratel et al., 2005; Mohr et al., 2007; Burgomaster et al., 2007).
- Aumenta los transportadores de glucosa (GLUT-4) (Burgomaster et al., 2007; Little et al., 2010)

TRABAJO CON SOBREGARGAS

ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Estrategias para el Trabajo de la Fuerza Muscular

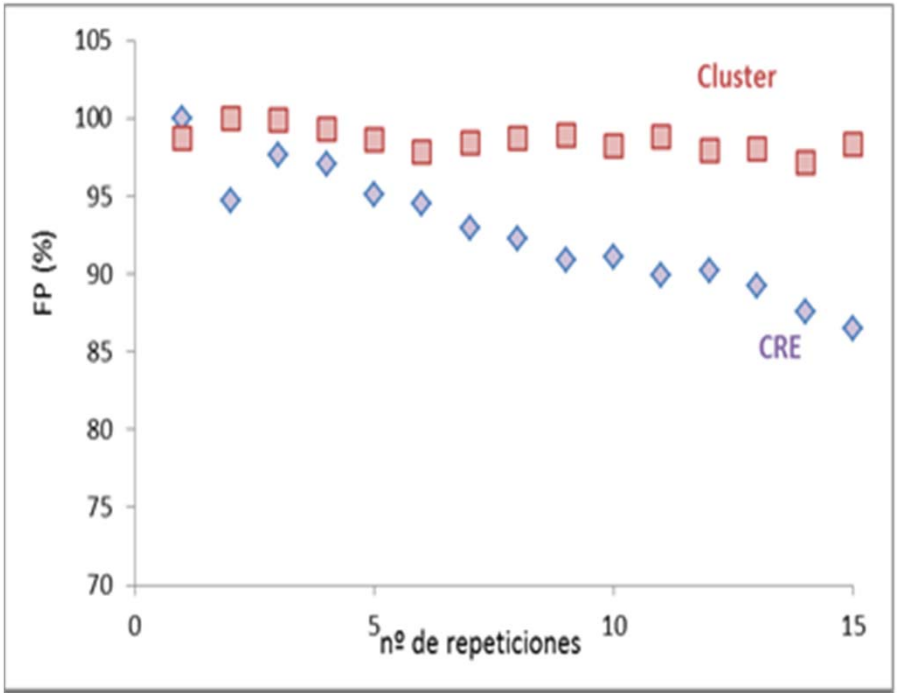


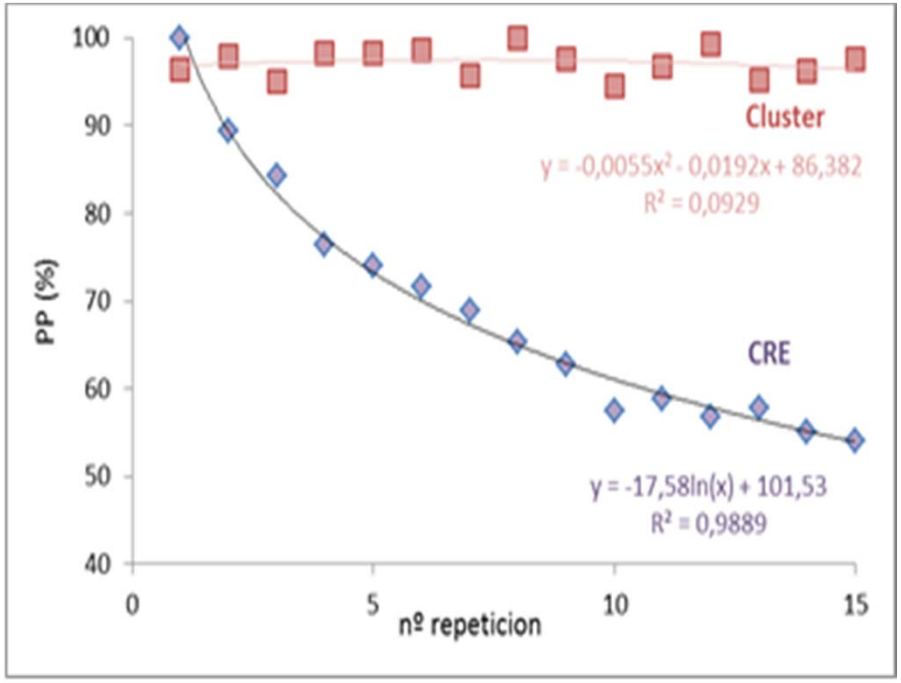
Juan Manuel García Manso

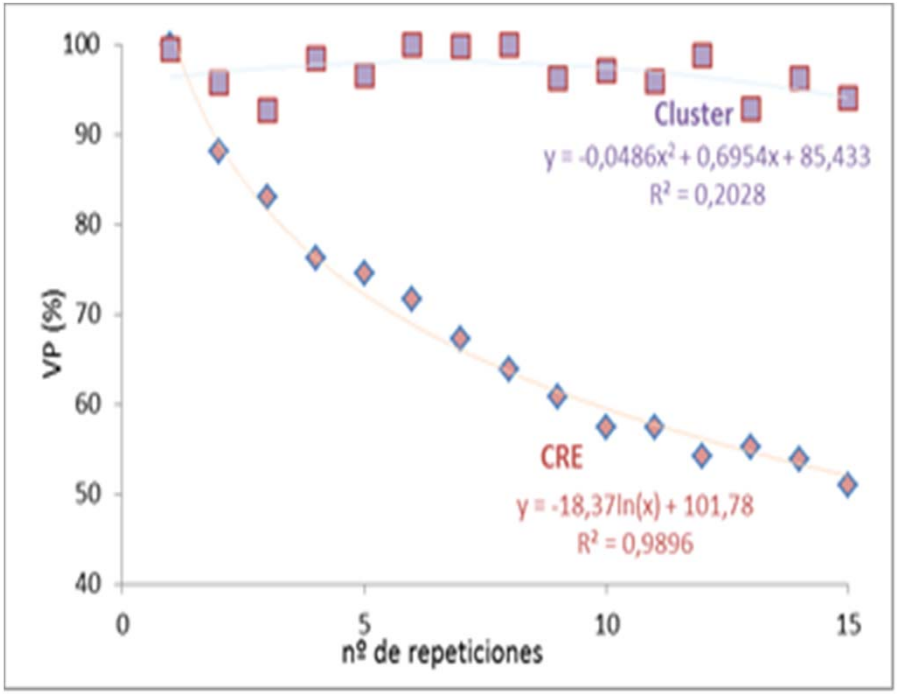
DIFERENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN EL EJERCICIO DE PB CON OL UTILIZANDO DOS ESTRATEGIAS DIFERENTES

CRE vs. ISR

Fuente: Valverde y García-Manso (2012)







Time under Tension and Blood Lactate Response during Four Different Resistance Training Methods

Paulo Gentil, Elke Oliveira, Martim Bottaro

J Physiol Anthropol, 25: 339–344, 2006

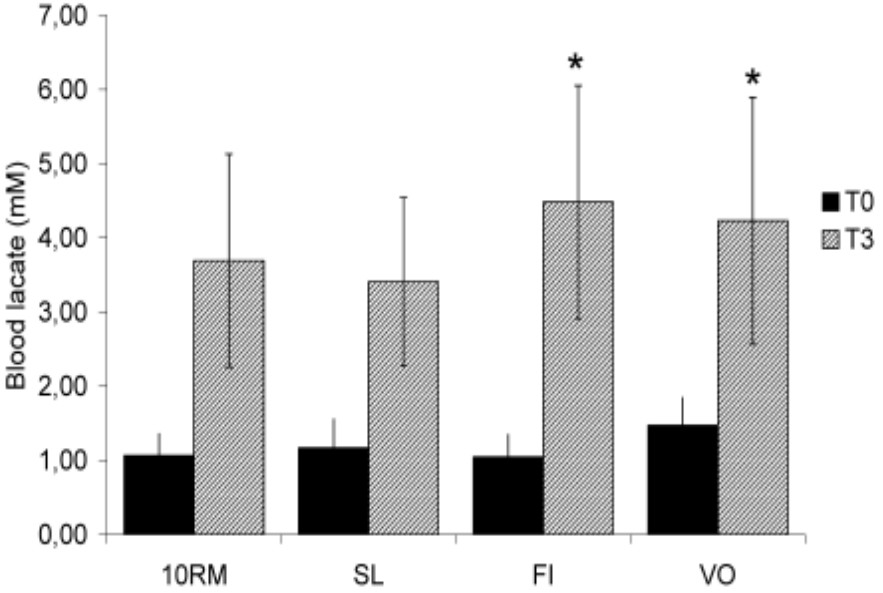


Table 1 Characteristics of the subjects (Mean±SD)

Characteristic	Values
Age (years)	24.83±3.27
Weight (kg)	78.94±8.13
Heigth (cm)	177.83±5.96
10RM load (kg)	109.58±16.58

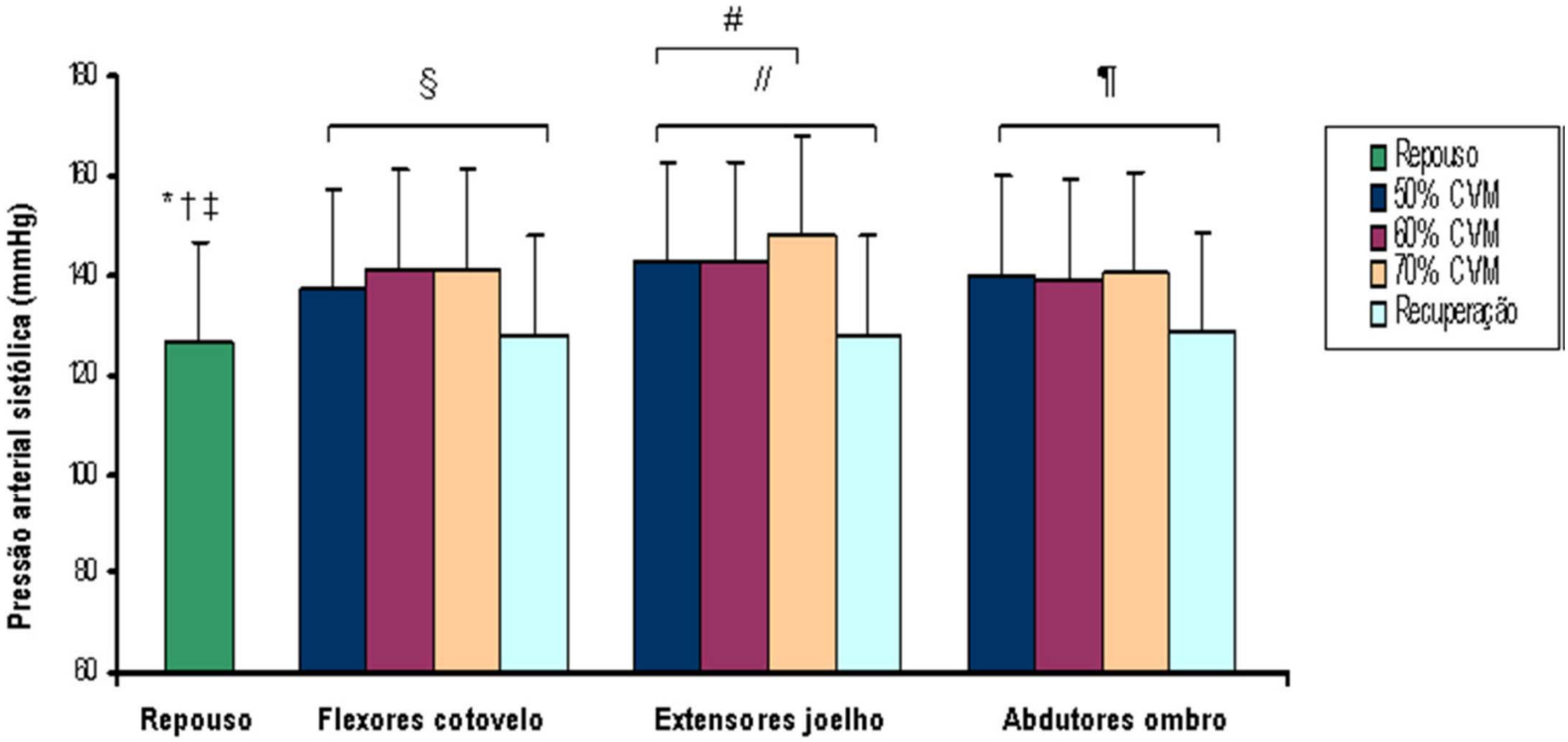
Table 2 Time under tension and number of repetitions performed during different resistance training methods (Mean±SD)

RTM	Repetitions	Time under tension (s)
10RM	10.33±0.49$^{\#,\dagger,\ddagger}$	42.08±3.18
Super-slow (SL)	1.00±0.00	60.00±0.00$^{*,\#}$
Adapted vascular occlusion (VO)	7.17±1.11†,‡	53.08±4.76*
Functional isometrics (FI)	6.58±1.00‡	56.33±6.46*

Pressure Response after Resistance Exercise for Different Body Segments in Hypertensive People

Adriana Marques Battagin, Simone Dal Corso, Carmen Lúcia Rondon Soares, Silvia Ferreira, Agnes Letícia, Cintia de Souza, Carla Malaguti
Universidade Nove de Julho, São Paulo, SP - Brazil

Arq Bras Cardiol. 2010 Sep; 95(3):405-411



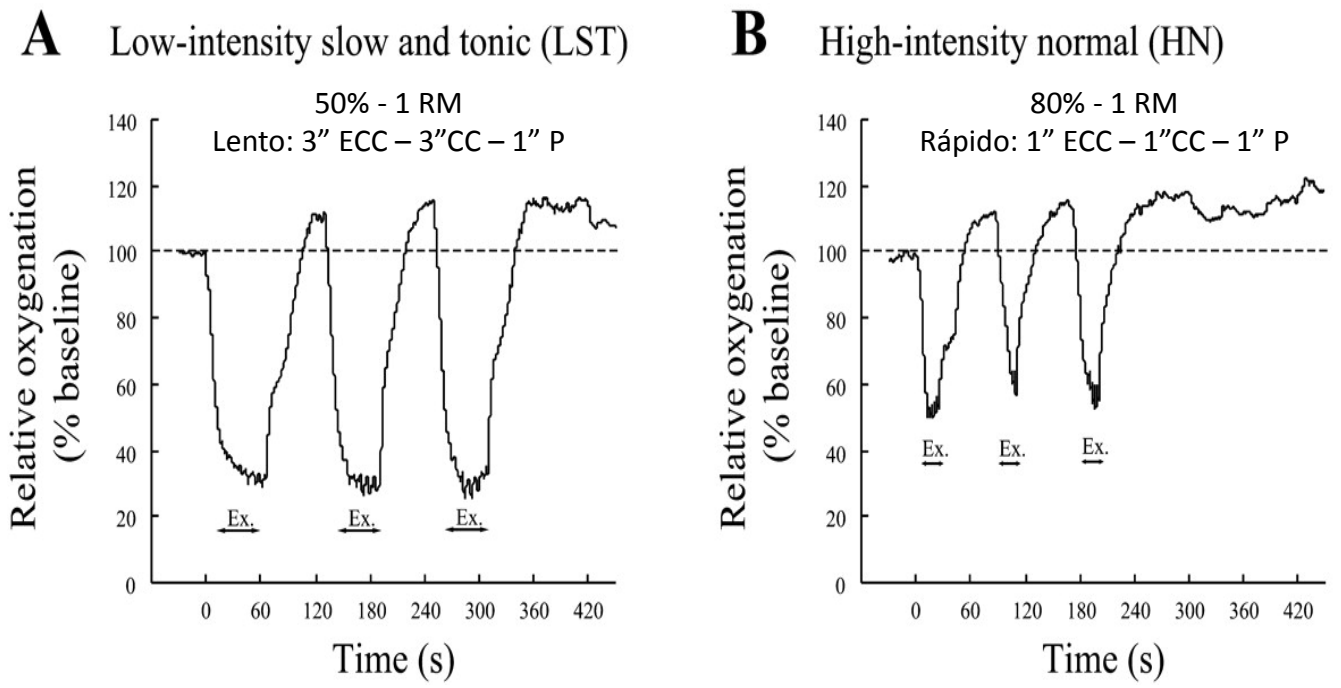
J Appl Physiol 100: 1150–1157, 2006.
First published December 8, 2005; doi:10.1152/japplphysiol.00741.2005.

Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men

Michiya Tanimoto and Naokata Ishii

- **Una contracción mantenida reduce el flujo de sangre hacia la musculatura activa.**
- **En hipoxia la participación de ST se reduce a favor de las FT**

Medición oxigenación periférica:
Near-infrared continuous wave spectroscopic (NIRcws) monitor (BOML1TR, Omegawave)



Gorostiaga EM, et al. (2012)

Energy Metabolism during Repeated Sets of Leg Press Exercise Leading to Failure or Not

PLoS ONE 7(7): e40621. doi:10.1371/journal.pone.0040621

Effects of leg press exercise on muscle adenine nucleotides, IMP, PCr, Cr, lactate and energy charge at before the first set, after the last repetition of the first set and after the last repetition of the last set, during 10REP (10RM-80%) and 5 REP (10RM-80%) exercise.

	10REP			5REP		
	Pre	Post 1st set	Post last set	Pre	Post 1st set	Post last set
ATP	6.46±0.56	6.42±0.57	4.90±0.39*†	6.58±0.35	6.19±0.59	6.09±0.41#
ADP	0.83±0.03	0.91±0.10	0.92±0.11	0.86±0.04	0.89±0.08	0.87±0.08
AMP	0.07±0.04	0.09±0.03	0.09±0.04	0.08±0.04	0.08±0.03#	0.08±0.03
TAN	7.37±0.59	7.42±0.67	5.91±0.44*†	7.52±0.36	7.16±0.66	7.04±0.49#
IMP	0.01±0.00	0.08±0.11	0.87±0.69*	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.02#
PCr	21.0±8.86	7.75±5.53	3.15±2.88*	19.5±4.06	11.68±7.82*#	14.47±7.24*#
Cr	8.93±4.96	25.45±3.80	22.90±6.89*	8.40±3.25*	16.97±6.33*	15.57±5.01*
PCr + Cr	29.91±5.19	34.55±6.23	26.06±8.44	27.90±3.65	30.56±6.19	30.14±8.46
La	1.70±1.18	17.20±3.50*	25.01±8.09*	2.02±1.05	7.10±2.54*#	5.80±4.62#
Energy Charge	0.933±0.006	0.927±0.004*	0.909±0.014*†	0.932±0.007	0.927±0.006	0.928±0.006