



# RECUPERACIÓN FUNCIONAL

## 3º CAFD

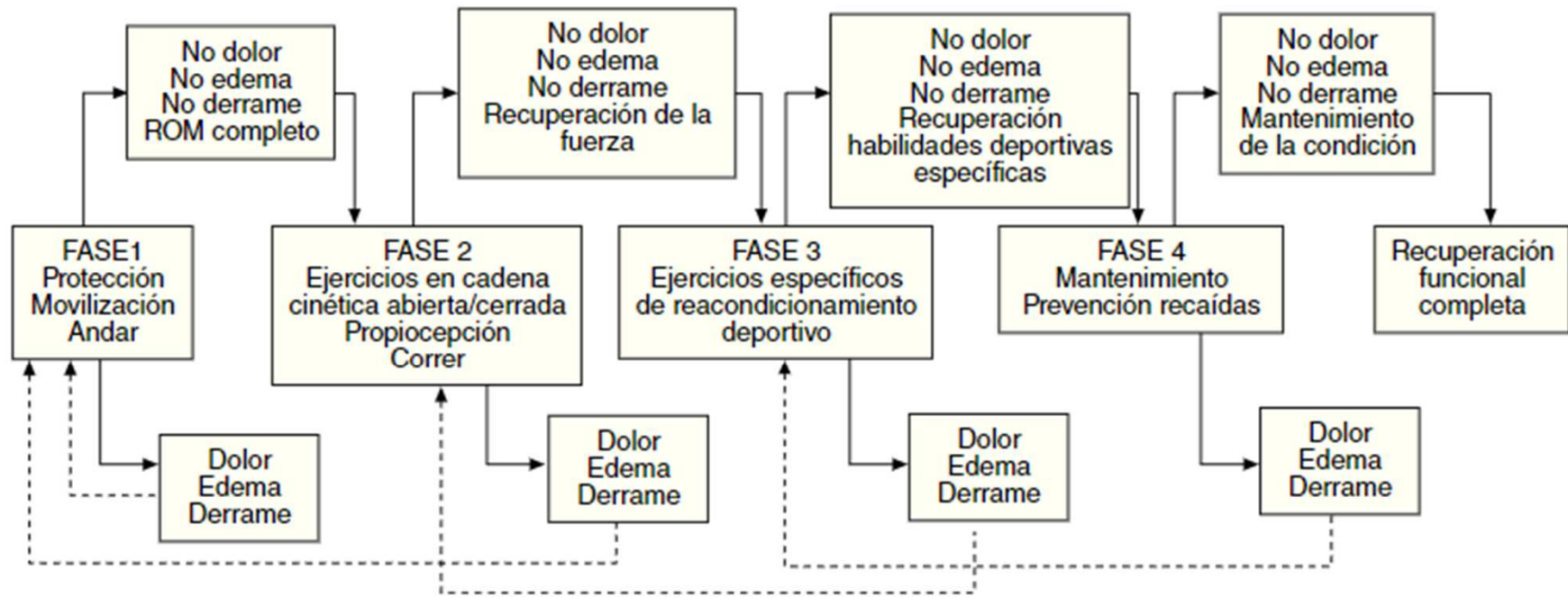
### 2019/2020

Bloque 4: Programación del entrenamiento.  
Diseño de un plan de trabajo.

TEMA 4. Entrenamiento de la resistencia en la  
readaptación y prevención de lesiones

Dr. Carlos Javier Echeverría Jiménez

Partiendo de la  
sesión anterior



**Figura 1** En la orientación del objetivo final del proceso de rehabilitación, la transición de una fase a la siguiente se realiza cuando los objetivos de cada fase se consiguen sin dolor, edema y/o derrame intra- o extraarticular. Si el paciente experimenta uno o más de estos síntomas, la rehabilitación regresa a la fase previa (líneas de puntos).

## Características de referencia en la evolución del proceso

”...los entrenadores y preparadores físicos deberían **periodizar, monitorizar y adaptar** las cargas de las medidas preventivas empleadas de acuerdo al contexto de aplicación.”

” ...el entrenamiento de diferentes contenidos ayudará a optimizar el posterior rendimiento de los participantes en competición, por lo que los programas **multicomponentes** parecen ser los más adecuados para su implementación en la práctica deportiva. “

**Tabla 3.** Distribución de los contenidos utilizados por los programas de prevención de lesiones.

Contenidos	Programas multicomponente (n = 12)	Porcentaje de multicomponente (n = 12)	Programas en total (n = 14)	Porcentaje del total (n = 14)
Carrera	10	83%	10	71%
Flexibilidad	5	42%	5	36%
Fuerza	12	100%	13	93%
Pliometría y ejercicios de salto	12	100%	13	93%
Equilibrio	7	58%	7	50%
Agilidad y cambios de dirección	7	58%	7	50%
Habilidades específicas del deporte	1	8%	1	7%

¿Cómo ordenamos y ponderamos cada contenido?

**Tabla 5.** Distribución y número de ejercicios de fuerza en los programas que presentan este contenido en un bloque específico.

Referencia	Bloques de contenidos	Nº ejercicios EEII	Nº ejercicios Core	Nº ejercicios EESS	Total
DiStefano et al. (2010)	Fuerza EEII; Fuerza Core; Flexibilidad; Pliometría; Equilibrio; Agilidad	3	1	-	4
Kiani et al. (2010)	Calentamiento; Activación muscular; Equilibrio; Fuerza; Estabilidad del Core	3	3	-	6
LaBella et al. (2011)	Carrera; Movilidad dinámica; Fuerza; Pliometría; Agilidad	3 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	7
		4 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>	9
		6 <sup>3</sup>	4 <sup>3</sup>	1 <sup>3</sup>	11
		5 <sup>4</sup>	4 <sup>4</sup>	1 <sup>4</sup>	10
Lim et al. (2009)	Calentamiento; Estiramientos; Fuerza; Pliometría; Agilidad; Vuelta a la calma	3	2*	-	5
Mandelbaum et al. (2005)	Calentamiento; Estiramientos; Fuerza; Pliometría; Agilidad	3	-	-	3
Soligard et al. (2008)	Carrera; Fuerza, Pliometría y equilibrio; Carrera	2 <sup>1,2,3</sup>	2 <sup>1,2,3</sup>	-	4

nº: número; EEII: extremidades inferiores; EESS: extremidades superiores; <sup>1</sup>: primer nivel (semana) de aplicación; <sup>2</sup>: segundo nivel (semana) de aplicación; <sup>3</sup>: tercer nivel (semana) de aplicación; <sup>4</sup>: cuarto nivel (semana) de aplicación.

## Continua adaptación al progreso y fase de rehabilitación

¿Qué enfoque tiene la  
resistencia en el  
proceso?

# Influencia del trabajo de resistencia

Entrenamiento aeróbico  capacidad de energía del músculo

Características básicas:

- Dependiente de **intensidad, duración y frecuencia**
- Sujeto al principio de la **especificidad** (sin transferencia necesaria a otras tareas)
- Genera eficacia del sistema cardiovascular y los músculos activos, con cambios a nivel neurológico, físico y bioquímico
- Adaptación a corto plazo y de duración menor que otros estímulos (mínimo 10 a 12 semanas)

## Desentrenamiento tras lesión

↓ masa muscular = ↓ fuerza

↓ función cardiovascular (↓ volumen sanguíneo total, ↓ volumen plasmático, ↓ volumen cardíaco)

↓ tolerancia ortostática

↓ tolerancia al ejercicio

↓ densidad mineral ósea



## Aspectos destacados de la mejora de la resistencia

**Reclutamiento de unidades motoras** (fibras de contracción lenta tipo I de alta capacidad oxidativa y de baja activación, fibras de contracción rápida tipo IIb de alta capacidad glucolítica, y para actividades de potencia y fibras de contracción rápida tipo IIa para actividades aeróbicas y anaeróbicas).

### Implicaciones funcionales.

- Series intensas y cortas (segundos) → fuerza músculos , tendones y ligamentos.
- Series intensas y duración media (1 a 2 minutos) → potencia anaeróbica
- Series de intensidad submáxima (3-5 minutos con descanso similar) → Pot. aerób. y R
- Series de intensidad submáxima (30 minutos o más) → sistema aeróbico.

El aumento de los requisitos energéticos exige ajustes circulatorios para eliminar productos metabólicos y para disipar el exceso de calor. Esto ocurre con acción coordinada de sistemas neuromuscular, respiratorio, cardiovascular, metabólico y hormonal (para aumentar frecuencia cardíaca, hipertensión, redistribución del gasto cardíaco, todo según masa muscular implicada y la intensidad del ejercicio).

# Prueba de esfuerzo para convalecientes y personas con riesgo

Tras exploración física, monitorización con ECG y estar bajo observación en reposo, los principios de la prueba de esfuerzo son:

- Cambiar la carga de trabajo aumentando la velocidad y/o el grado de inclinación del tapiz rodante o la resistencia en el ergómetro.
- Una carga de trabajo inicial baja respecto al umbral aeróbico anticipado de la persona.
- Mantenimiento de cada una de las cargas de trabajo de 2 a 6 minutos.
- Finalización de la prueba a la aparición de síntomas o una anomalía definible en el ECG.
- Cuando se disponga, medición del consumo máximo de oxígeno de la persona.

Población	Ecuación
Hombres activos	$VO_2 \text{ máx} = 3.778 (\text{tiempo}) + 0.19$
Hombres sedentarios	$VO_2 \text{ máx} = 3.298 (\text{tiempo}) + 4.07$
Adultos sanos	$VO_2 \text{ máx} = 6.70 - 2.82 (\text{sexo}) + 0.056$

Kisner y Allen, 2005. Ejercicio terapéutico

Modificado				
Etapa	Minutos	Pendiente	Km/h	METS
0	3	0	2.7	
0.5	3	5	2.7	

Sub Máximo				
Etapa	Minutos	Pendiente	Km/h	METS
1	3	10	2.7	5
2	3	12	4.0	7
3	3	14	5.4	10
4	3	16	6.7	13
5	3	18	8.0	15
6	3	20	8.8	18
7	3	22	9.6	20

Ejemplo clásico de protocolo: **Protocolo de Bruce**, cambios de velocidad y grado de inclinación cada 3 minutos.

# Variables del diseño de programa (I)

## 1. Principio de la sobrecarga

Los umbrales de estímulo del entrenamiento son variables, dependiendo del nivel de salud de la persona, su nivel de actividad, la edad y el sexo. La respuesta al ejercicio se produce por lo general con una frecuencia cardíaca máxima del 70 al 85 por ciento (el 60 al 80 por ciento del VO<sub>2</sub>máx). **Cuidado con las poblaciones especiales**

 intensidad en poco tiempo = mejora V O<sub>2</sub>máx que

Cerca del límite máximo =  riesgo relativo cardiovasculares y musculoesquelético.

Consumo máximo de oxígeno, capacidad aeróbica y frecuencia cardíaca están relacionadas linealmente como variables de control de la intensidad.

## 2. Principio de la especificidad

Con el manejo de variables tratamos de entrenar: a. La fuerza muscular sin un aumento significativo del consumo total de oxígeno; b. El entrenamiento aeróbico o de fondo sin el entrenamiento de los sistemas anaeróbicos; c. El entrenamiento anaeróbico sin entrenamiento de los sistemas aeróbicos.

## **Variables del diseño de programa (II)**

### **3. Duración del programa**

En aeróbico estricto, 20 a 30 minutos al 70% de FC puede valer

Si intensidad baja, se puede compensar con volumen a 45 minutos

Con un ejercicio de gran intensidad, volumen puede bajar hasta 10 a 15 minutos

Con muy baja forma, 3x5 minutos repartidos en el día puede servir como comienzo

Si dura más de 45 minutos, aumenta el riesgo de complicaciones musculoesqueléticas.

### **4. Frecuencia semanal de estímulo**

Baja intensidad = mayor frecuencia. 1-2 sesiones/semana no es suficiente salvo personas mayores y pacientes convalecientes

### **5. Reversibilidad**

Tras 2 semanas de desentrenamiento, se puede medir la reducción de la capacidad de trabajo y las mejoras se pierden en unos meses

Además, se produce un fenómeno parecido en el caso de personas confinadas en cama con enfermedades o discapacidades. Estas personas pierden totalmente la forma, con pérdida de la capacidad para realizar las actividades diarias normales como resultado de la inactividad.

## **Métodos básicos de entrenamiento del sistema aeróbico (I)**

### **1. Entrenamiento continuo**

- a. Exigencia submáxima
- b. Tensión especialmente sobre fibras de contracción lenta
- c. 20 a 60 minutos sin agotar el sistema de transporte de oxígeno
- d. Sobrecarga aumentando duración del ejercicio
- e. Forma más eficaz para mejorar la resistencia física.

### **2. Entrenamiento con intervalos**

Menos exigente que el entrenamiento continuo. En personas sanas, el entrenamiento con intervalos tiende a mejorar más la fuerza y la potencia que la resistencia física.

- a. Descanso tipo pasivo o activo
- b. Duración va de unos pocos segundos a varios minutos
- c. En descanso, sistema aeróbico recupera reservas musculares de ATP
- d. Mayor intervalo de trabajo=más objetivo sobre sistema aeróbico.
- e. Ratio habitual trabajo-recuperación de 1:1 a 1:5
- f. Volumen total de trabajo posible de forma intermitente mayor que total posible de forma ininterrumpida

## **Métodos básicos de entrenamiento del sistema aeróbico (II)**

### **3. Entrenamiento en circuito**

- a. Tomar en cuenta grupos musculares grandes y pequeños, y mezcla de esfuerzos dinámico y estáticos
- b. Más orientado a fuerza acentuando sistemas aeróbico y anaeróbico.

### **4. Entrenamiento en circuito con intervalos**

- a. Combinar el entrenamiento en circuito con intervalos es eficaz por la interacción de la producción aeróbica y anaeróbica de ATP.
- b. Gracias a los intervalos de descanso se diferencia el apoyo en vías glucolíticas y de producción de ácido láctico de la disponibilidad de oxígeno para ATP de forma aeróbica

## Ejercicio terapéutico para las alteraciones en la resistencia muscular

- La sobrecarga toma en cuenta el sistema de movimiento que se pretende mejorar (patrones de activación muscular, la secuenciación y la postura) = control de sincronización y secuenciación correctas con posibles compensaciones de los sinergistas cuando el músculo alcance la fatiga
- La repetición de un patrón en el tiempo reentrena los músculos posturales y se corre riesgo de no trabajar los músculos correctos
- Distintas modalidades de entrenamiento pueden aumentar la resistencia muscular, si bien las técnicas para aumentar la resistencia muscular dependen más de la dosis que de la modalidad escogida
- El propósito del ejercicio y la disponibilidad del equipamiento influyen sobre la toma de decisiones. Cuando se trata de aislar músculos específicos para el entrenamiento de la resistencia, el equipamiento de contrarresistencia que aporte estabilización externa es el más eficaz. Cuando se entrenen simultáneamente la propiocepción y la estabilización, las pesas libres o el peso del cuerpo imponen un reto a la resistencia muscular con menos aislamiento del músculo.

## Ejemplo de secuenciación de vuelta a actividades de impacto

1. Fuerza y resistencia musculares local suficiente
2. Amplitud completa del movimiento de las articulaciones
3. Sin hinchazón

Posible progresión:

1. Saltar con los dos pies
2. Saltar con los pies en alternancia
3. Saltar sólo con un pie (opcional)
4. Ejercicios de destreza (opcionales)

Esta progresión debe realizarse del modo siguiente:

1. Empezar sobre una superficie de poco impacto (p. ej., piscina, minicama elástica, suelo con absorción de impactos).
2. Después se pasa al terreno que se va a utilizar.
3. Se empieza con 5 minutos, y se aumenta de 2 en 2 minutos cuando se pueden completar tres sesiones consecutivas sin dolor, hinchazón o compromiso de la técnica.
4. La vuelta a la actividad completa se determina con los criterios establecidos por el fisioterapeuta.



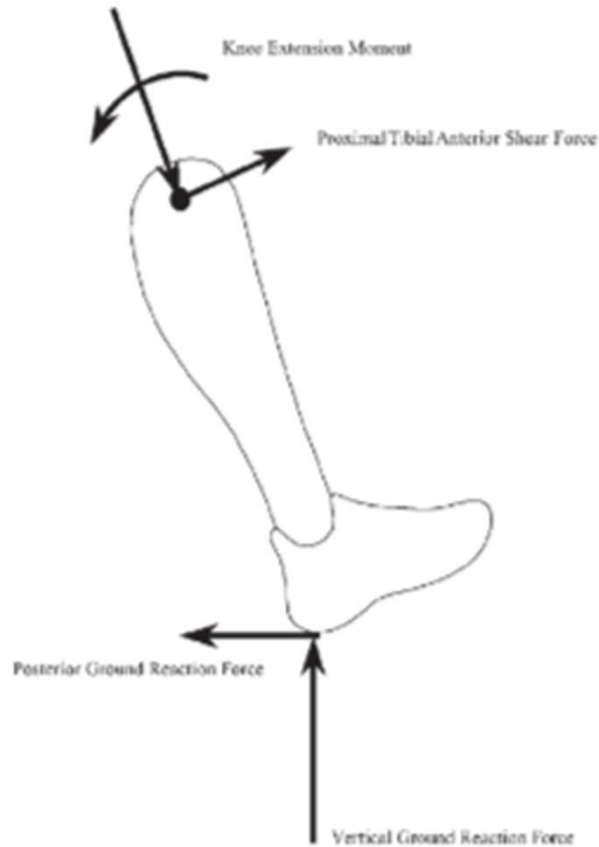


Figure 5. Proximal tibial anterior shear force and other forces and moments on the lower leg in the sagittal plane.

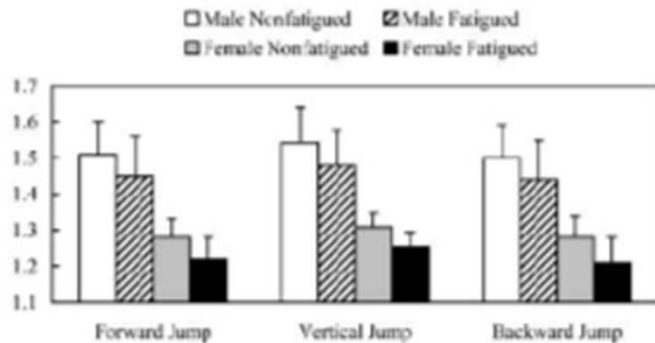


Figure 6. Maximum flight heights of the hip joints (m) used as a measure of jumping heights in 3 stop-jump tasks before and after fatigue exercises.

## Análisis del ejercicio

1. Vectores de fuerza implicados
2. Planteamiento de las tareas que los implican
3. Decisión sobre las variables de entrenamiento
4. Progresiones en los ejercicios
5. Evaluación del proceso

Control de la fatiga para evitar:

- Modificación del patrón de movimiento
- Balanceo no deseado de la musculatura responsable
- Cambios en ángulos e intervalos de recorrido

Chappell et al, 2005. Effect of Fatigue on Knee Kinetics and Kinematics in Stop-Jump Tasks

Savage et al, 2018. Prolonged running increases knee moments in sidestepping and cutting manoeuvres in sport

## Justificación de la especificidad de la tarea

Entrenamiento aeróbico interválico de 85% a 95% de intensidad, 4' de duración y 3' de descanso activo al 60% 2 veces por semana separados 24–48 horas durante 4-10 semanas.

A partir de estos valores medios, posible adaptación según resto de elementos de entrenamiento, evaluación del proceso y fase de la temporada:

- Alternar márgenes de rendimiento en la actividad para la que se prepara al sujeto
- Incorporar movimientos específicos de la actividad
- Juegos reducidos que imitan la acción global

**Table III.** Soccer-specific aerobic conditioning in team sports and the subsequent influence on aerobic fitness

Study	No. of subjects	Mean ( $\pm$ SD) age (y)	Season	Training intervention			intensity	Findings
				duration	sessions per week	mode (work : recovery)		
Chamari et al. <sup>[6]</sup>	18 M	14.0 $\pm$ 0.4	In	8 weeks	2	(4 min : 3 min) $\times$ 4, Hoff Track and 4v4 SSG	90–95% HR <sub>peak</sub> : 60–70% HR <sub>peak</sub>	VO <sub>2peak</sub> $\uparrow$ 8% RE $\downarrow$ 14% <sup>**</sup>
Hoff et al. <sup>[9]</sup>	6 M	22.2 $\pm$ 3.3				(4 min : 3 min) $\times$ 4, Hoff Track (4 min : 3 min) $\times$ 4, 5v5 SSG	90–95% HR <sub>peak</sub> : 70% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 90–95% HR <sub>peak</sub> : 70% HR <sub>peak</sub>	94% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> , 92% VO <sub>2peak</sub> <sup>a</sup> 91% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> , 85% VO <sub>2peak</sub> <sup>a</sup>
Kelly and Drust <sup>[10]</sup>	8 M	18.0 $\pm$ 1.0				(4 min : 2 min) $\times$ 4, 5v5 SSG, 30 $\times$ 20 m pitch (4 min : 2 min) $\times$ 4, 5v5 SSG, 40 $\times$ 30 m pitch (4 min : 2 min) $\times$ 4, 5v5 SSG, 50 $\times$ 40 m pitch		91% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 90% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 89% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup>
Little and Williams <sup>[11]</sup>	23 (sex not given)	22.8 $\pm$ 4.5				(2 min : 2 min) $\times$ 4, 2v2 SSG, 30 $\times$ 20 m pitch (3 min : 1.5 min) $\times$ 4, 3v3 SSG, 40 $\times$ 30 m pitch (3.5 min : 2 min) $\times$ 5, 4v4 SSG, 50 $\times$ 30 m pitch (5 min : 1.5 min) $\times$ 3, 5v5 SSG, 55 $\times$ 30 m pitch (6 min : 1.5 min) $\times$ 3, 6v6 SSG, 60 $\times$ 40 m pitch (10 min : 1.5 min) $\times$ 3, 8v8 SSG, 70 $\times$ 45 m pitch (2 min : 2 min) $\times$ 5, 5v5 pr SSG, 60 $\times$ 35 m pitch (2 min : 2 min) $\times$ 5, 6v6 pr SSG, 65 $\times$ 30 m pitch		91% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 91% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 90% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 89% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 88% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 88% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 90% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 91% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup>
Little and Williams <sup>[12]</sup>	28 (sex not given)	24.0 $\pm$ 5.0	In			(2 min : 2 min) $\times$ 4, 2v2 SSG, 30 $\times$ 20 m pitch (3.5 min : 1.5 min) $\times$ 4, 3v3 SSG, 43 $\times$ 25 m pitch (4 min : 2 min) $\times$ 4, 4v4 SSG, 40 $\times$ 30 m pitch (6 min : 1.5 min) $\times$ 4, 5v5 SSG, 45 $\times$ 30 m pitch (8 min : 1.5 min) $\times$ 3, 6v6 SSG, 50 $\times$ 30 m pitch		89% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 91% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 90% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 89% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 88% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup> 88% HR <sub>peak</sub> <sup>a</sup>

Stone y Kilding, 2009. Aerobic Conditioning for Team Sport Athletes