

# **OBESIDAD, ACTIVIDAD FÍSICA Y SISTEMA INMUNE**

## **Sonia Gómez-Martínez**



Licenciada en Biología en 1989 en la Universidad Autónoma de Madrid.

Doctora en Farmacia por la Universidad Complutense en el año 2002.

Máster en Nutrición Humana Básica y Clínica en la Universidad Rey Juan Carlos 2001. Desde el año 1996 desarrollo mi carrera investigadora en el CSIC primero en el Instituto de Nutrición y Bromatología (centro mixto UCM-CISC) y posteriormente en el IF (Instituto del Frío), actualmente en el ICTAN (Instituto de Ciencia y

Tecnología de los Alimentos y Nutrición). Siempre he desarrollado mi trabajo en el campo de la Inmunonutrición. De mi colaboración en numerosos proyectos de investigación se desprende mi producción científica que puede resumirse en más de 60 artículos en revistas SCI, 50 capítulos de libros nacionales e internacionales y 20 artículos en revistas no SCI.

Además, colaboro con distintas Universidades en la promoción de la educación Inmunonutricional y participo en Masters de la Universidad Europea de Madrid, Universidad Complutense de Madrid y Universidad Politécnica de Madrid.

Pertenezco a la Sociedad Española de Nutrición y a la International Society for Immunonutrition.

## **Resumen**

El estilo de vida de las sociedades actuales, en el que se ha disminuido la actividad física y se ha aumentado el tiempo de actividades sedentarias, junto al consumo de dietas desequilibradas en las cuales se ingiere gran cantidad de alimentos de gran densidad energética, ha influido en el aumento de la incidencia de obesidad en todo el mundo y en todas las etapas etarias. Esta situación ha provocado un aumento en el riesgo a sufrir determinadas patologías asociadas a la obesidad como son la diabetes, el cáncer y las alteraciones cardiovasculares. Está totalmente aceptado por la comunidad científica que la obesidad se asocia por sí misma a un mayor riesgo a padecer infecciones, reacciones alérgicas y a una respuesta disminuida a las vacunas, a la vez que se relaciona con un estado inflamatorio crónico de bajo grado, reflejado en el aumento de algunos biomarcadores, como la proteína C-reactiva o los factores de complemento C3 y C4 y de la concentración de citoquinas pro-inflamatorias (ejem: TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  e IL-6). Por otra parte, la

actividad física, definida como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que origina un gasto energético, que cuando se realiza de manera planeada y estructurada se considera ejercicio físico, es un factor externo al individuo que permite equilibrar el balance energético entre ingesta y gasto, lo que es definitorio en el control del acumulo de grasa visceral. Son muchos los trabajos realizados evaluando el efecto que la actividad física tiene sobre el sistema inmune, y de ellos se concluye que sus efectos son dosis dependiente, es decir que el efecto es diferente dependiendo de la intensidad y de la duración del mismo, considerando que una actividad regular y moderada tiene efecto antiinflamatorio. Sin embargo, es necesario realizar más estudios para valorar el efecto del ejercicio sobre las distintas adipoquinas involucradas en la obesidad, dado que se pueden encontrar diversos estudios en la bibliografía con datos no concluyentes a este nivel, siendo la adiponectina a día de hoy la más estudiada.



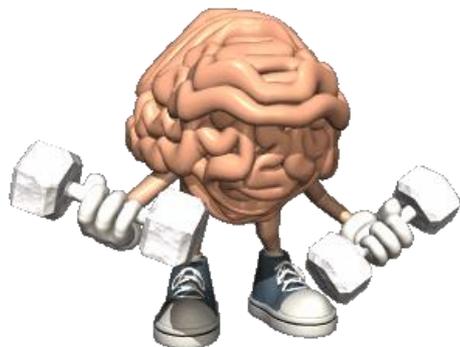
# Obesidad, Actividad Física y Sistema Inmune

## II CURSO AVANZADO SOBRE INMUNONUTRICIÓN

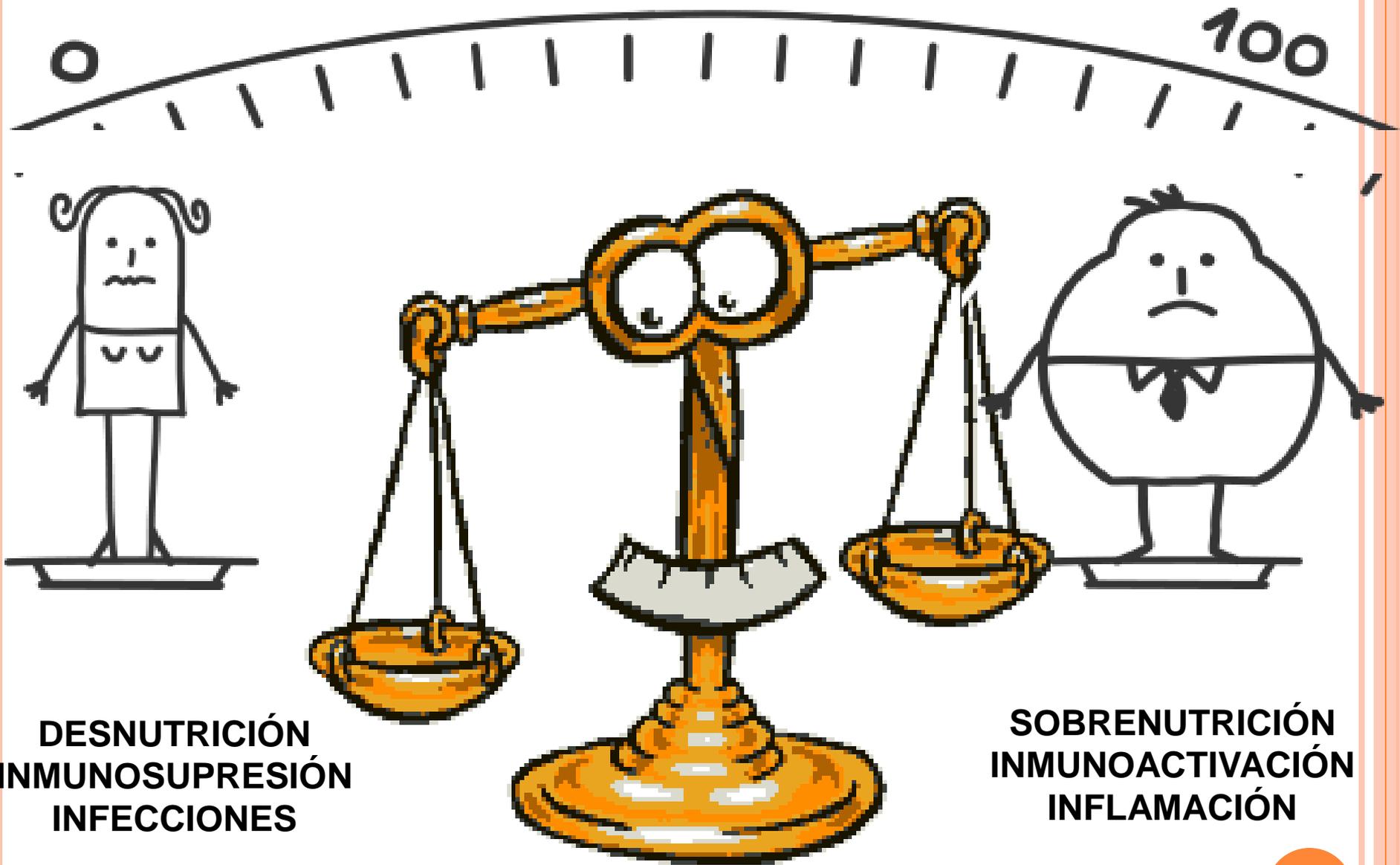
INSTITUTO DE ESPAÑA

REAL ACADEMIA NACIONAL DE  
FARMACIA

INTERNATIONAL SOCIETY FOR  
IMMUNONUTRITION



Sonia Gómez Martínez  
ICTAN-CSIC  
SPAIN



**DESNUTRICIÓN  
INMUNOSUPRESIÓN  
INFECCIONES**

**OPTIMA NUTRICIÓN  
OPTIMA FUNCIÓN INMUNE**

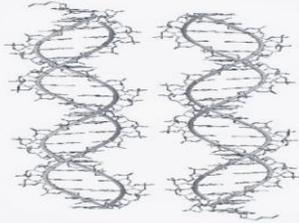
**SOBRENUTRICIÓN  
INMUNOACTIVACIÓN  
INFLAMACIÓN**



# Obesidad y Sistema Inmune

## OBESIDAD

### FACTORES GENÉTICOS



### FACTORES AMBIENTALES



- Genética
- Factores ambientales → mala alimentación (exceso de calorías)
- Factores psicológicos → consumo de alimentos sin control
- Sedentarismo → falta de actividad física
- Trastornos hormonales → hipotiroidismo



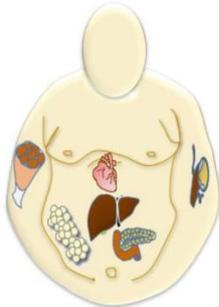
### Lipotoxicidad

Resistencia insulínica

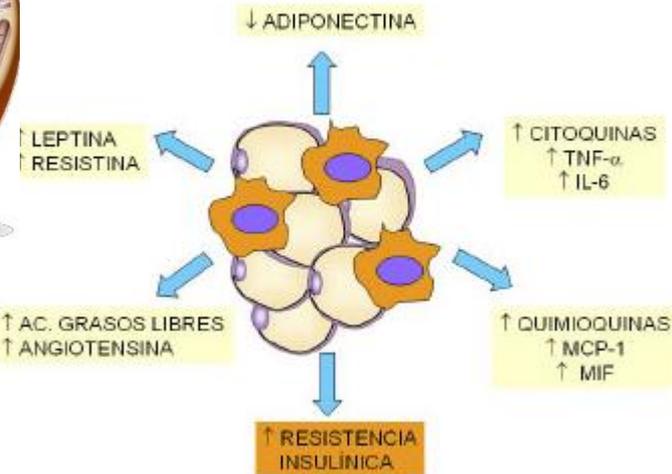
Procesos inflamatorios

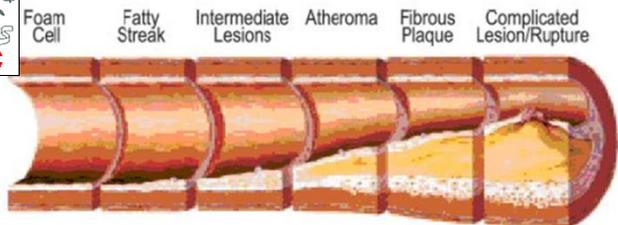
Hígado graso no alcohólico

Enfermedad cardiovascular



Síndrome Metabólico





1° & Messenger Inflamm. Cytokines		Cellular Adhesion Molecules	Plaque Destabilization	Plaque Rupture	
IL-1	IL-6*	sICAM	IL-18*	MPO*	PAPP-A*
TNF- $\alpha$	IL-13*	sVCAM	oxLDL*	MMPs *	sCD40L*
	MCP-1*	sSelectins	Lp-PLA <sub>2</sub> *	MCP-1*	
			GPx-1*	PIGF*	

Acute Phase Reactants  
CRP\*, sPLA<sub>2</sub>\*, SAA, Fibrinogen, WBCC

# Adultos y ancianos

PCR ?  
Fibrinógeno?

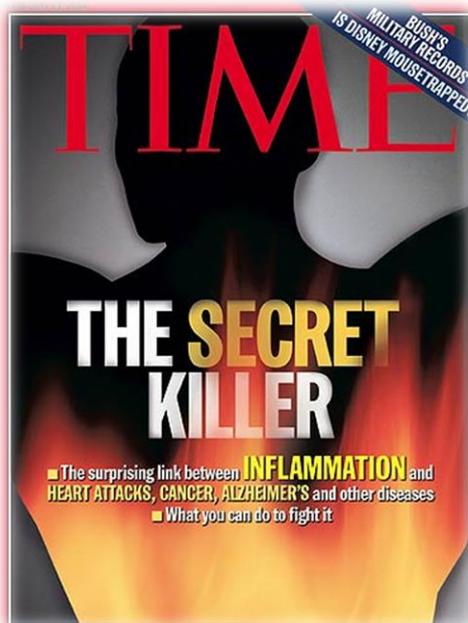


Inflamación

Enfermedades crónicas, especialmente CVD

La prevención de las enfermedades crónicas se ha convertido en un tema político de alta prioridad para muchos países



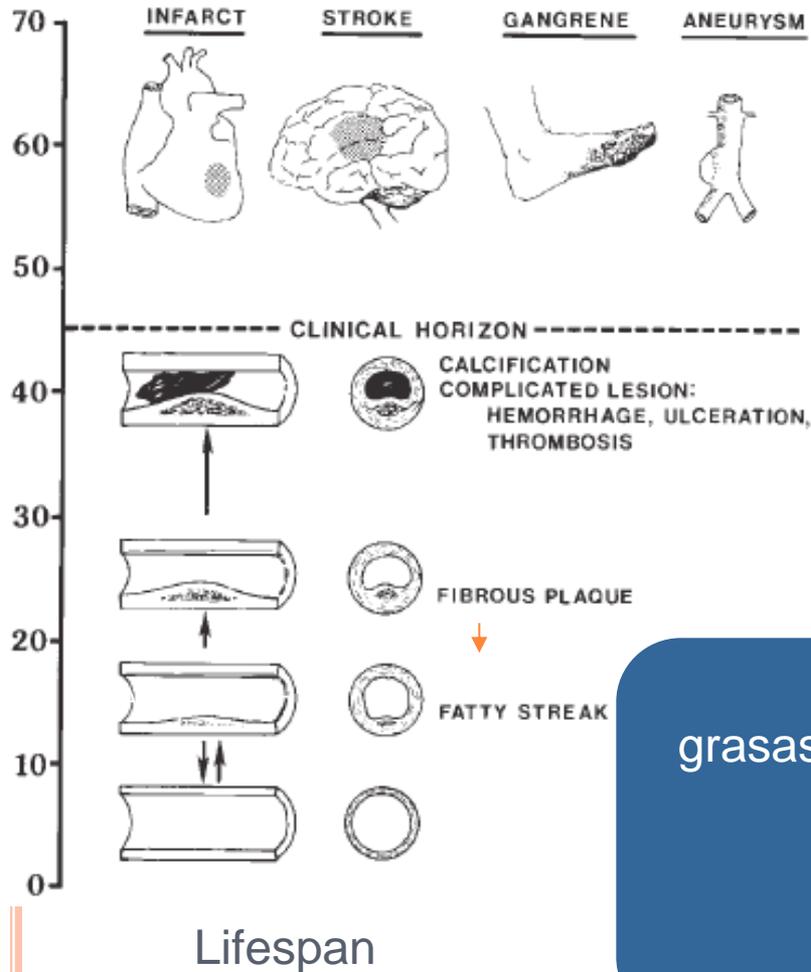


Inflamación en la  
**adolescencia**  
- factor de riesgo  
de enfermedades  
crónicas futuras?



# Riesgo aterosclerosis – ADOLESCENTE

## NATURAL HISTORY OF ATHEROSCLEROSIS



La investigación de la presencia de precursores de la aterosclerosis en adolescentes

El desarrollo de estrías grasas en la infancia y la adolescencia es reversible

En la adolescencia, la presencia de estrías grasas es más peligroso, ya que pueden acumular más lípidos ¿LDL? y empezar a desarrollar una gorra fibromuscular.



# AVENA

Proyecto financiado por el Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS 00/0013)

## Un estudio nacional multicéntrico



### MADRID

- Inmunología
- Psicología
- Anamnesis
- Estadística

### SANTANDER

- Genética

### ZARAGOZA

- Composición corporal
- Antropometría

### MURCIA

- Dieta

### GRANADA

- Actividad física
- Bioquímica





## MUESTRA REPRESENTATIVA

Población Española  
adolescentes  
(13-18 años)

- localidad geográfica
- condiciones socio-económicas
- distribución por géneros
- grupos de edad
- área urbana

Adolescentes  
Estudio AVENA  
(n=2000)

Edad Media 15,3 años  
54% fueron chicos

### Criterios exclusión

Gestación  
Disfunción Hipertiroidica  
Abuso alcohol, drogas, esteroides  
Historia of ECV

Subgrupo de AVENA  
Analítica sangre  
(n=500)



ingesta dietética,  
hábitos alimentarios  
y conocimientos  
nutricionales

actividad física habitual  
actitud frente a la  
práctica físico-deportiva

nivel de  
condición física

antropometría y  
composición corporal

estudio bioquímico:  
perfil fenotípico  
lipídico y metabólico

estudio  
hematológico

perfil genotípico:  
factores de riesgo  
cardiovascular

estudio del estado  
nutricional mediante el  
perfil inmunológico

perfil  
psicológico



## Parámetros inmunológicos

### Perfil leucocitario

Leucocitos (Neutrófilos, Linfocitos, monocitos, Eosinófilos, Basófilos)

### Moléculas de adhesión

Selectina (L, E, P), VCAM, ICAM

### Citoquinas

IL-1 $\beta$ , IL-2, IL-4, IL-6, IL-10, IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$

### Proteínas

Proteína C-reactiva, Ceruloplasmina, Factores del complemento C3 y C4

### Subpoblaciones linfocitarias

Linfocitos T totales (CD3), T-helper (CD4), T-citotóxicos (CD8), Natural Killer (CD16/56),  
linfocitos B (CD19)

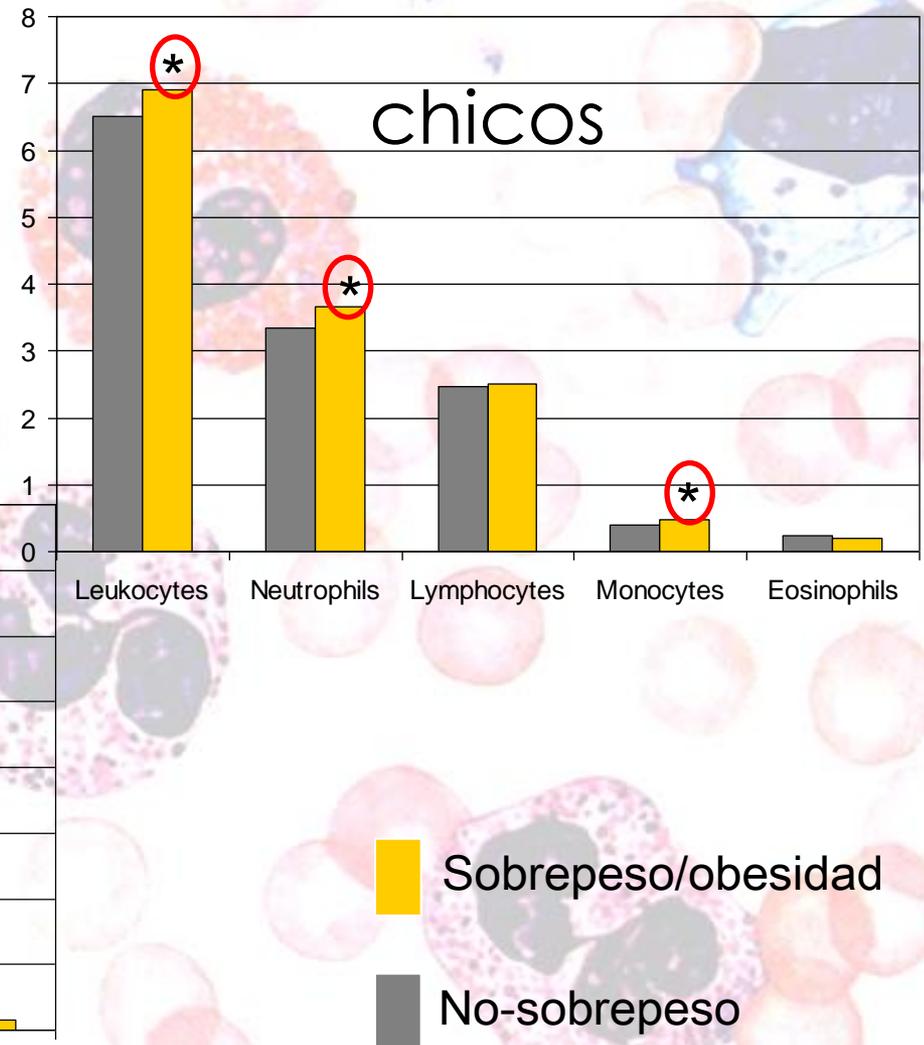
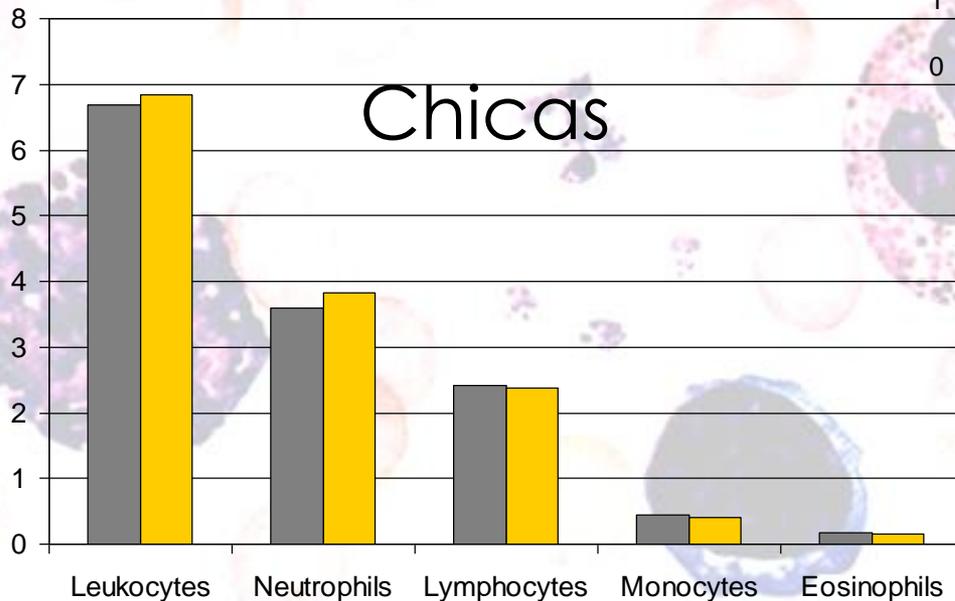


# AVENA

Alimentación y valoración del estado nutricional de los adolescentes españoles

Proyecto financiado por el Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS 00/0013)

## Perfil leucocitario ( $10^9/L$ )





# AVENA

Alimentación y valoración del estado nutricional de los adolescentes españoles

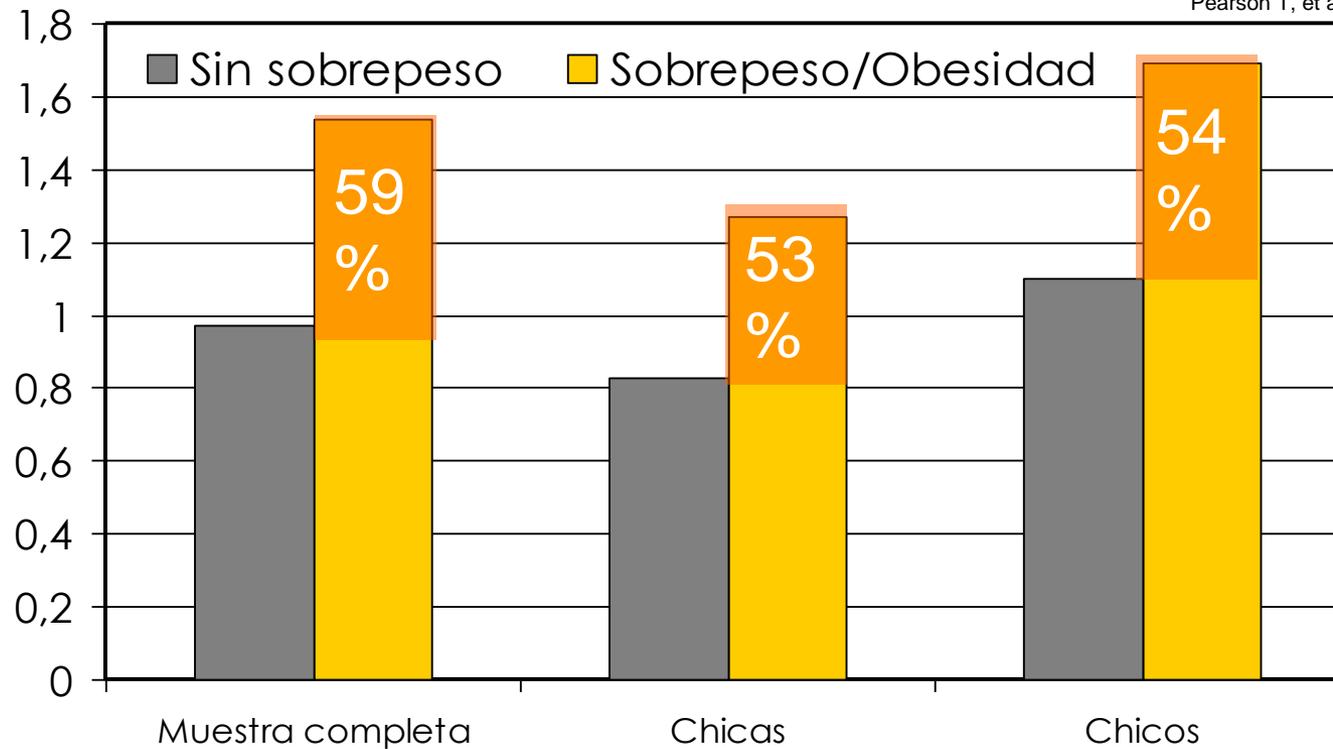
Proyecto financiado por el Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS 00/0015)

## Proteína C reactiva en suero

RECOMENDACIONES (PARA ADULTOS):

- ▶ Bajo, medio o alto riesgo <1, 1-3, and >3 mg/L.
- ▶ Valores >10mg/L podrían indicar infecciones.

Pearson T, et al. Circulation 2003; 107:499-511



CRP  
< 10 mg/L

$P = < 0.001$

$P = 0.017$

$P = < 0.001$

Diferencias analizado con el test de Student, con valores logaritmados.





## Inflammatory proteins are related to total and abdominal adiposity a healthy adolescent population: the AVENA Study<sup>1-3</sup>

Julia Wärnberg, Esther Nova, Luis A Moreno, Javier Romeo, Maria I Mesana, Jonatan R Ruiz, Francisco B Ortega, Michael Sjöström, Manuel Bueno, Ascensión Marcos, and the AVENA Study group

**Table 2: Inflammation markers of the studied group of male and female adolescents.**

	Males			Females		
	All	Normal weight	Overweight	All	Normal weight	Overweight
Subjects (n)	248	174	74	224	178	46
CRP (mg/L) <sup>*ab</sup>	1.32 (1.61)	1.17 (1.62)	1.68 (1.55)	0.93 (1.03)	0.83 (0.86)	1.33 (1.47)
C3 (g/L) <sup>*ab</sup>	1.38 (0.25)	1.32 (0.22)	1.51 (0.28)	1.33 (0.24)	1.29 (0.20)	1.50 (0.28)
C4 (g/L) <sup>ab</sup>	0.27 (0.09)	0.25 (0.08)	0.32 (0.10)	0.27 (0.10)	0.26 (0.09)	0.31 (0.11)
Ceruloplasmin (g/L) <sup>*b</sup>	0.20 (0.04)	0.20 (0.04)	0.21 (0.05)	0.22 (0.05)	0.21 (0.05)	0.25 (0.05)
IL-6 (pg/L)	33789 (21567)	32306 (19549)	37264 (25527)	36025 (21542)	35263 (21967)	39137 (19683)
TNF- $\alpha$ (pg/L)	2421 (2177)	2290 (1624)	2724 (3095)	2275 (2337)	2275 (2451)	2276 (1825)

Values are mean (SD). CRP, IL-6 and TNF- $\alpha$  levels are expressed as antlog, C3, C4 and ceruloplasmin are expressed as squared.

\* Differences between gender ( $P < 0.05$ ).

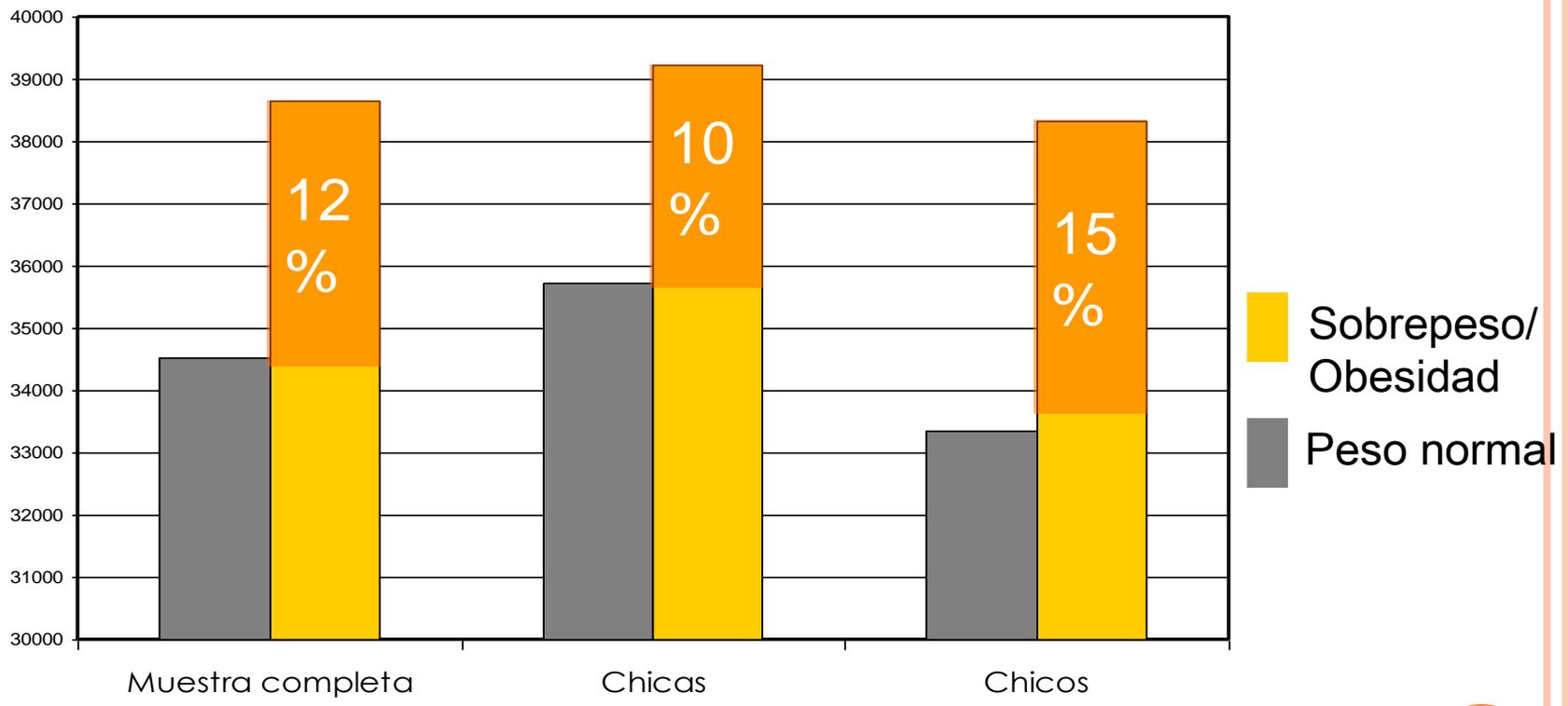
<sup>a</sup> Significantly different between male normal weight and overweight/obesity group ( $P < 0.01$ )

<sup>b</sup> Significantly different between female normal weight and overweight/obesity group ( $P < 0.01$ )



# AVENA

## Secreción IL-6 *in vitro*



$P = 0.469$        $P = 0.657$        $P = 0.470$   
Diferencias analizado con el test de Student, con valores logaritmados.



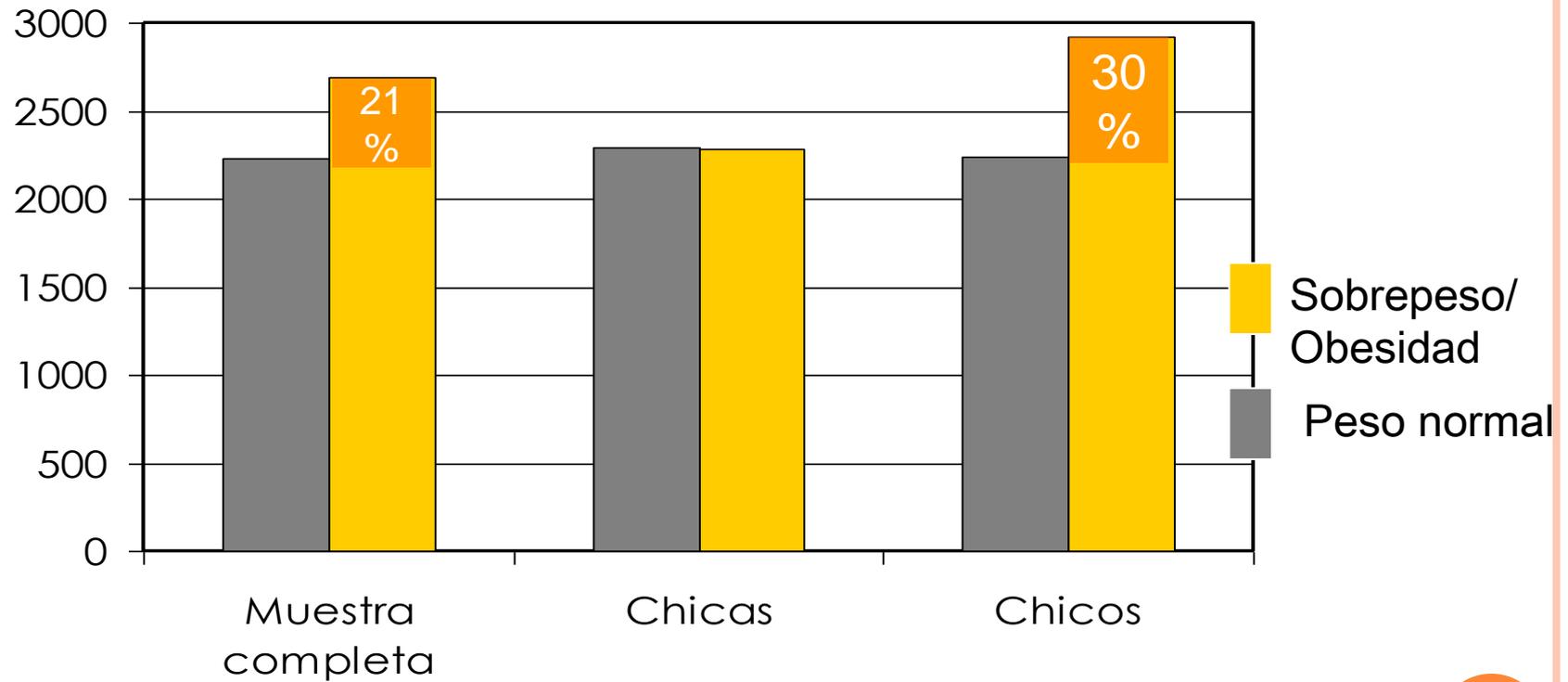


# AVENA

Alimentación y valoración del estado nutricional de los adolescentes españoles

Proyecto financiado por el Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS 00/0015)

## Secreción TNF- $\alpha$ *in vitro*



$P = 0.338$        $P = 0.812$        $P = 0.212$   
Diferencias analizado con el test de Student, con valores logaritmados.



# HELENA STUDY



**1000 adolescentes  
( 12.5-17.5 años)**

Todas las muestras se analizaron dentro de los 7 días posteriores a la extracción de sangre.

## HELENA-CSS

Athens (Greece)  
Dortmund (Germany)  
Ghent (Belgium)  
Heraklion (Greece)  
Lille (France)  
Pecs (Hungary)  
Rome (Italy)  
Stockholm (Sweden)  
Vienna (Austria)  
Zaragoza (Spain)

- ✓ Multi-centrico
- ✓ Adolescentes europeos
- ✓ Randomizado
- ✓ Estado nutricional y estilos de vida

### C-Reactive Proteína



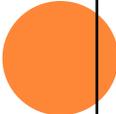
78%	< 1	mg/l (bajo riesgo)
15%	1 – 3	mg/l (riesgo intermedio)
7%	> 3	mg/l (alto riesgo)

*22% de adolescentes europeos tienen niveles de C-Reactive Proteína por encima de 1mg / l, lo que indica inflamación de bajo grado*

20 de 986 (2%) de los adolescentes fueron excluidos del estudio por tener por encima de 10 mg/l

# RESULTADOS

## Linfocitos B(CD19)

Chicos	CD19 cel/mL	CD19 %
Bajo BMI	285.30±104.86	12.46±4.78
Optimal BMI	289.96±201.77	13.10±4.05
Sobrepeso	300.08±113.69 	12.86±4.09
Obeso	335.13±146.23 	13.81±5.37  

# RESULTADOS

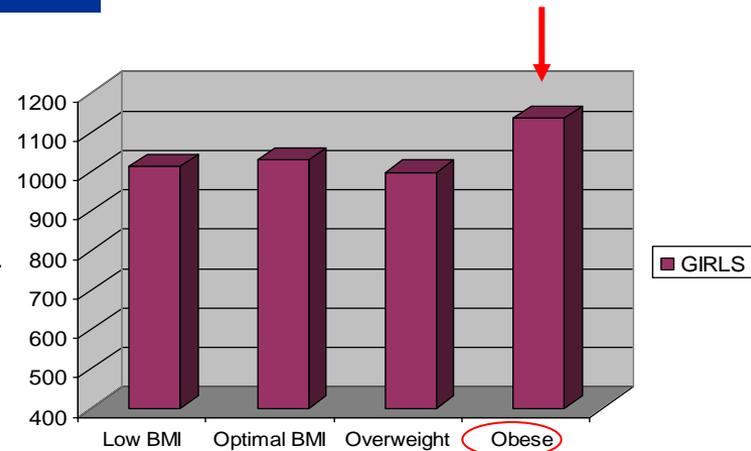
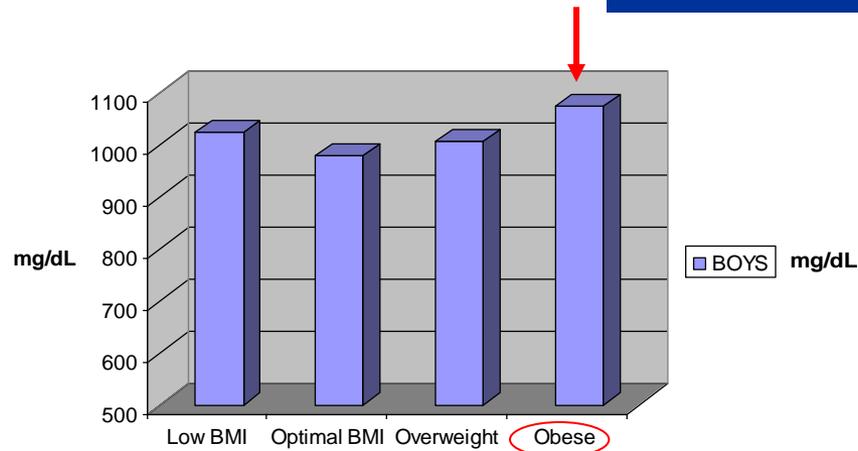
## Linfocitos B (CD19)

Chicas	CD19 cel/mL	CD19 %
Bajo BMI	255.19±90.44	12.31±4.26
Optimo BMI	252.55±95.82	12.04±3.99
Sobrepeso	282.18±114.202	12.68±4.28
Obeso	287.13±100.10	13.01±4.00

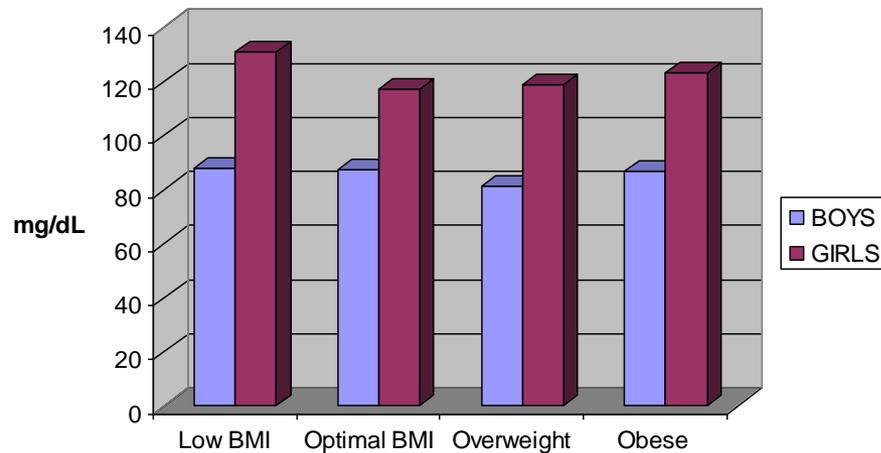


# RESULTADOS

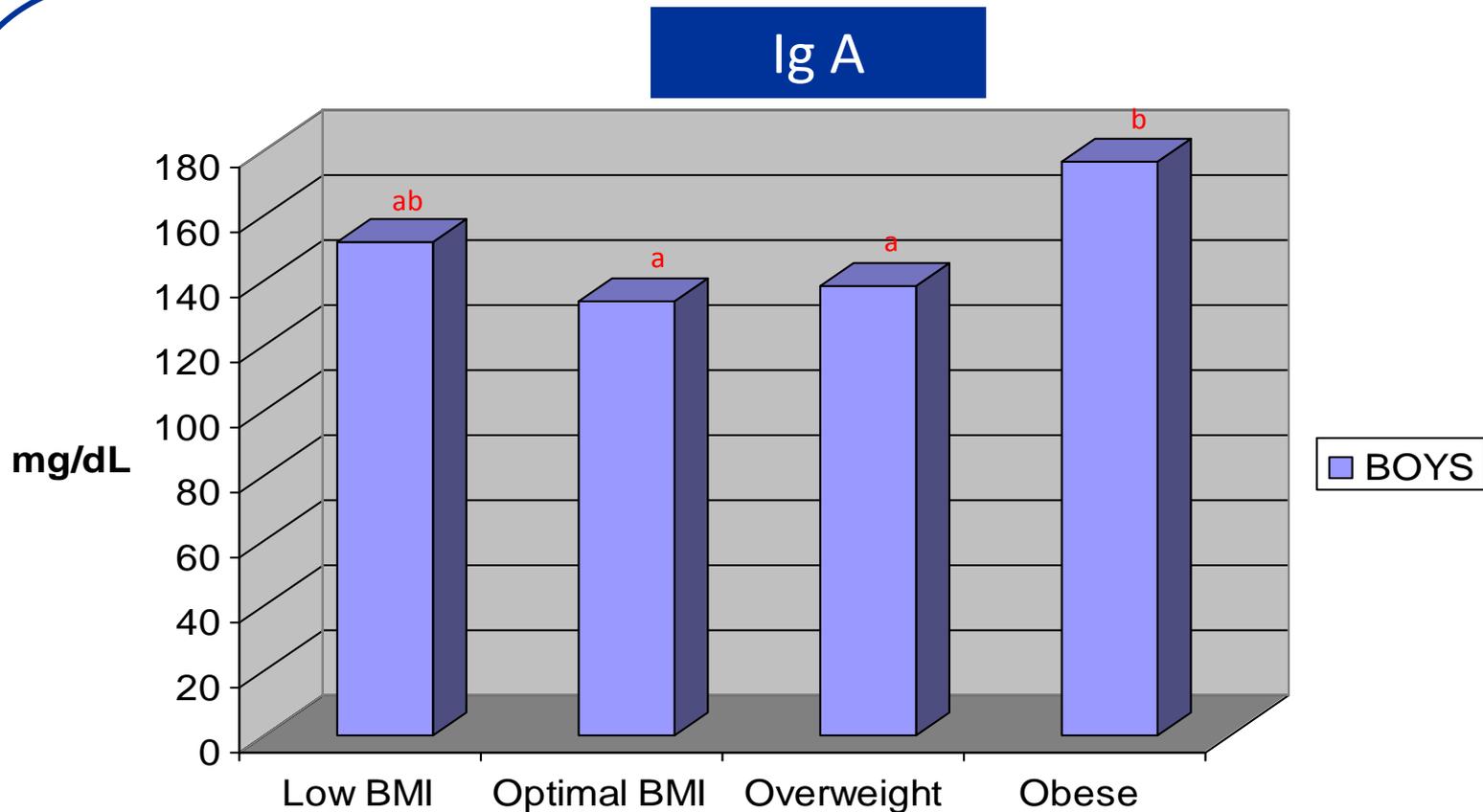
## Ig G



## Ig M



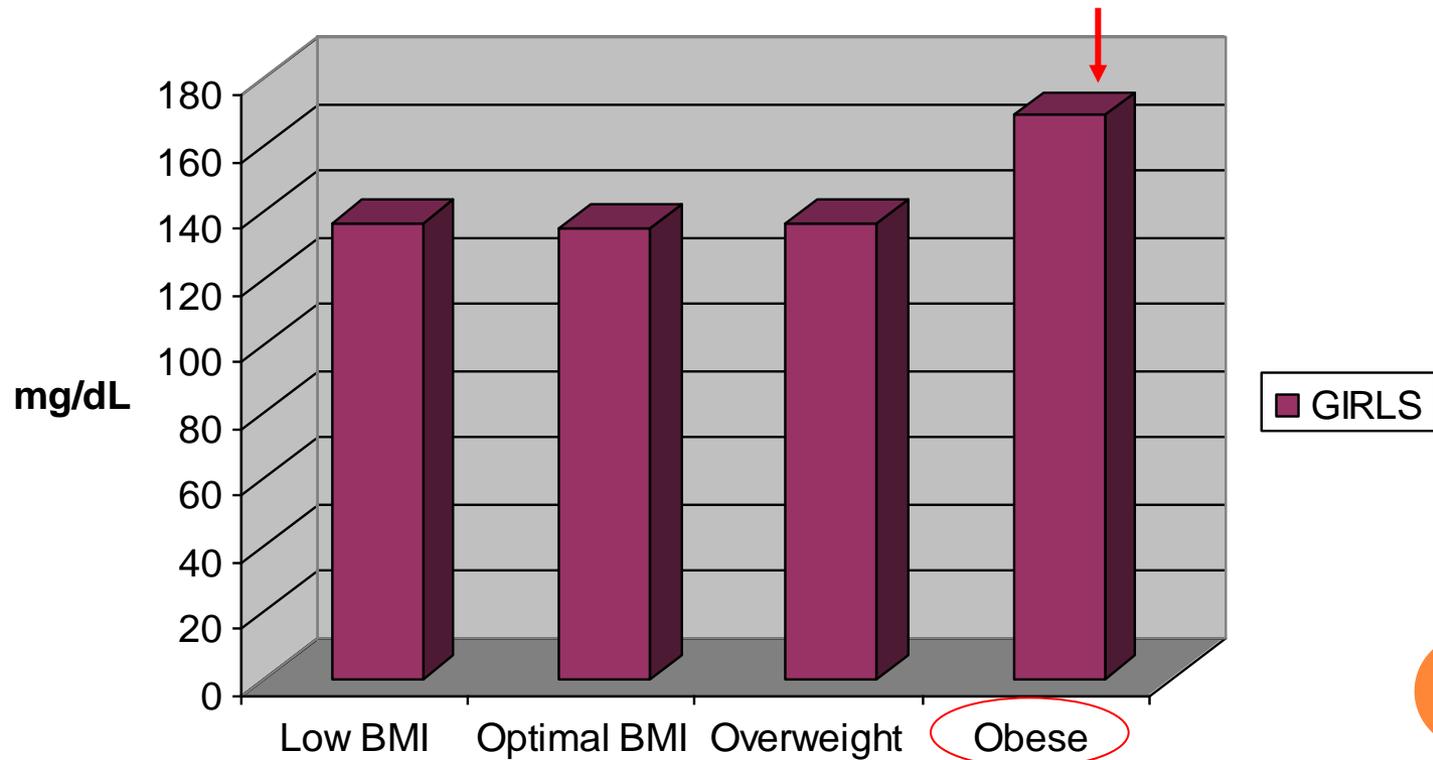
# RESULTADOS



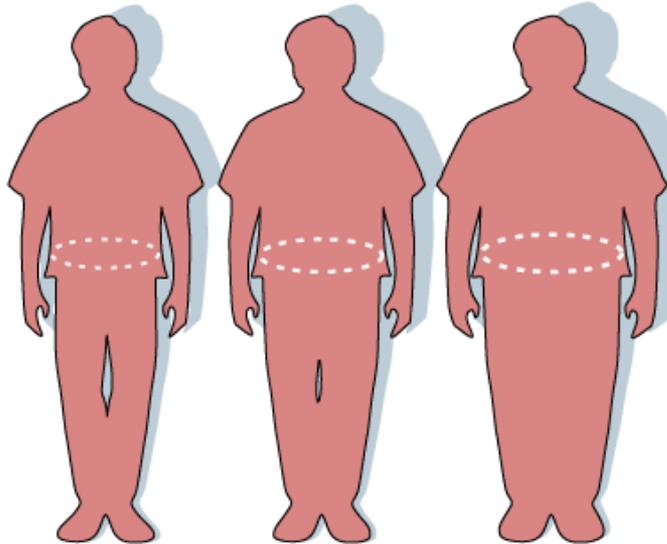
\* Significant differences between groups. Student's T test ( $P < 0.05$ ).

# RESULTADOS

Ig A



# RESULTS



Ig A

Se encontraron correlaciones positivas entre IgA con cintura ( $r = 0.110$   $p = 0.018$ ) y circunferencias de cadera ( $r = 0.123$   $p = 0.008$ )





# Actividad física

Definida como cualquier movimiento corporal producido por la acción del músculo esquelético que incrementa el gasto energético  
Ligera, moderada, vigorosa



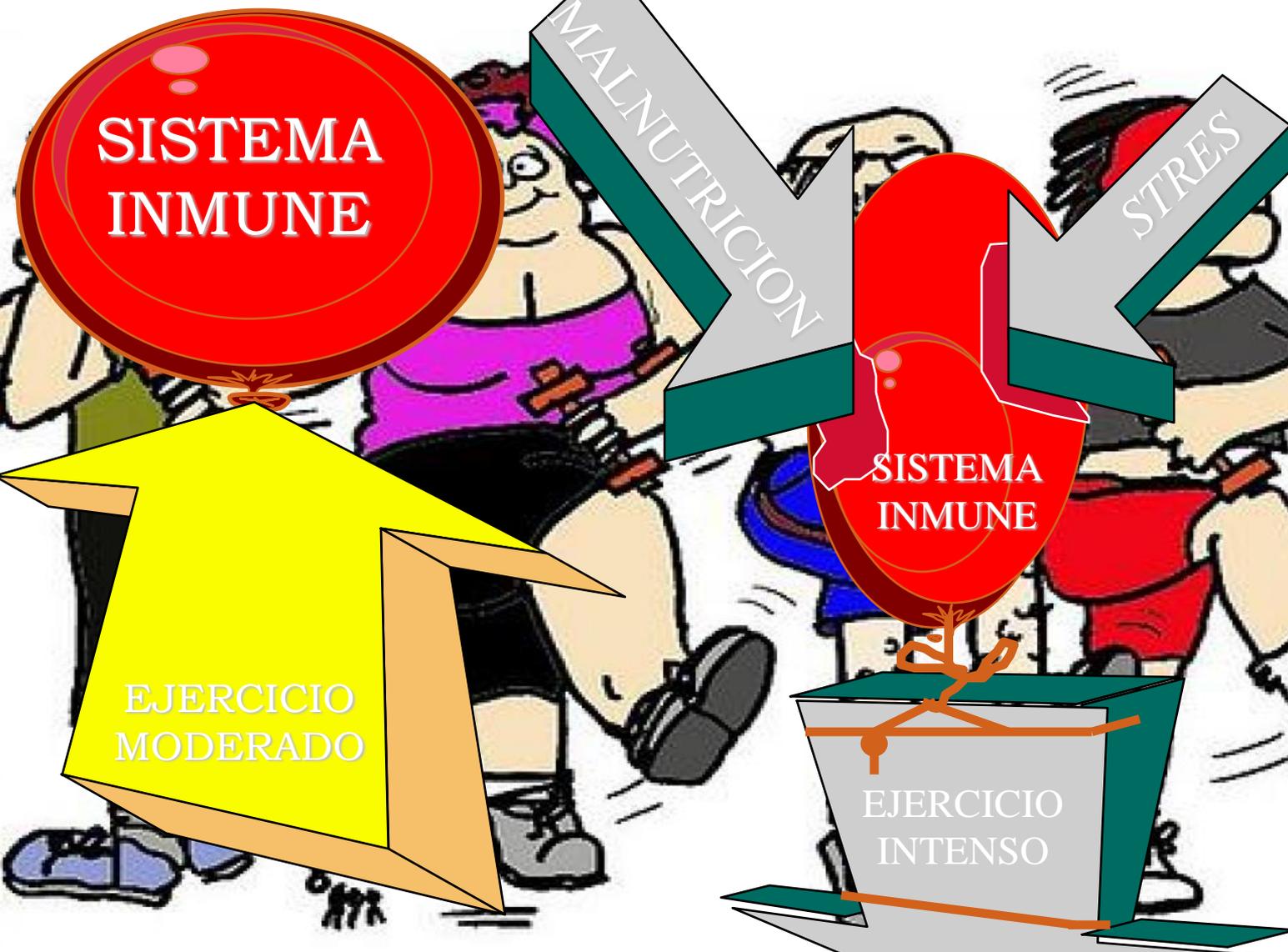
La actividad física regular parece ofrecer protección frente a una gran variedad de factores de riesgo relacionados con estas enfermedades crónicas



Probablemente debido a su efecto ANTI-INFLAMATORIO

Ejercicio subtipo de actividad física planeada, estructurada, repetitivo  
Agudo, crónico

E  
S  
T  
E  
M  
U  
L  
A  
C  
I  
O  
N



SISTEMA INMUNE

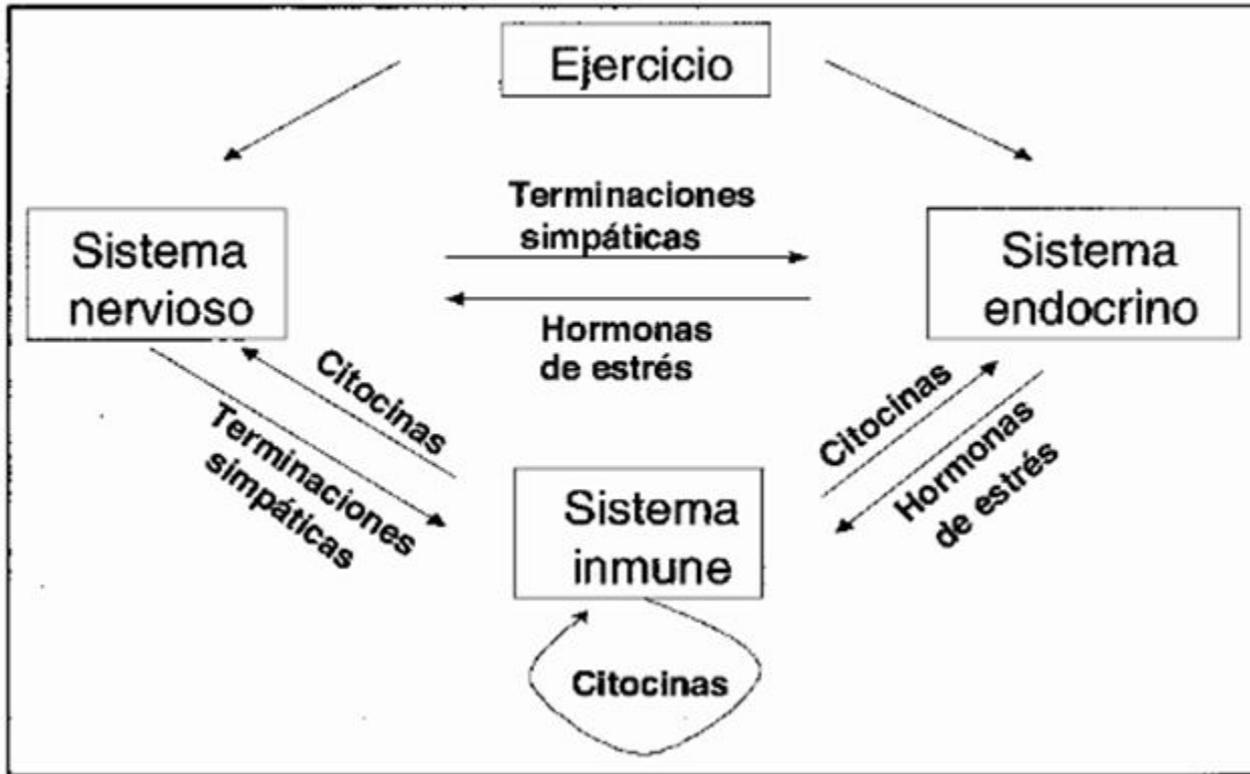
MALNUTRICION

STRES

SISTEMA INMUNE

EJERCICIO MODERADO

EJERCICIO INTENSO



**Ejercicio -----leucocitosis.**

Ejercicio **agudo** ----- aumento de macrófagos y linfocitos circulantes, ( monocitos, linfocitos B y las NK)

Ejercicio **muy intenso y duradero** -----linfopenia, (normalización con el reposo),  
disminución Nk

Las funciones de los neutrófilos, como la adherencia, quimiotáxis, fagocitosis y el estallido respiratorio se incrementan con el **ejercicio moderado**.

Sin embargo, la quimiotáxis y degranulación se reducen con el **ejercicio agudo**.

Las Inmunoglobulinas -----aumentan con **ejercicio moderado**.

El ejercicio **agudo** tiene efecto en el equilibrio de las citoquinas pro y anti-inflamatorias (el aumento de la producción de citoquinas antiinflamatorias durante el ejercicio contrarresta la producción de citoquinas pro-inflamatorias asociadas al daño muscular).

# Mucosas

## Respiratoria

**Ejercicio** (agudo o crónico de alta intensidad) disminuye concentraciones de IgA-secretora

## Intestinal

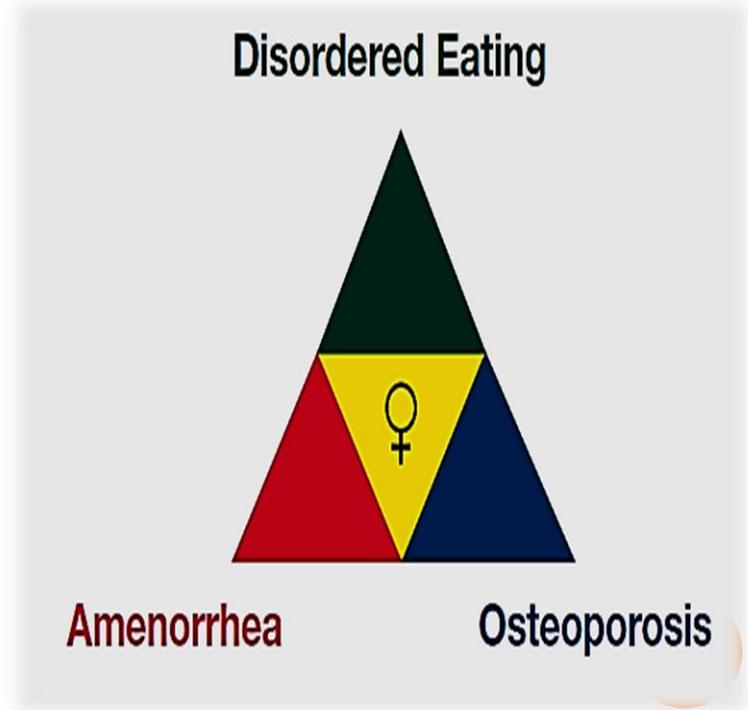
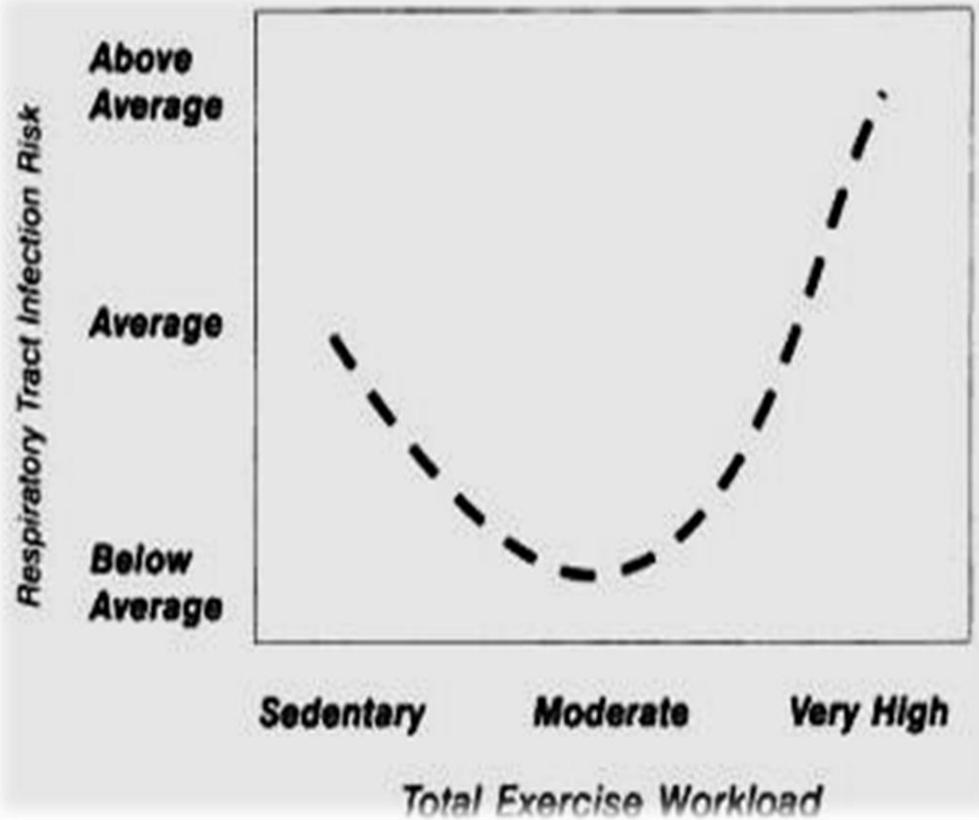
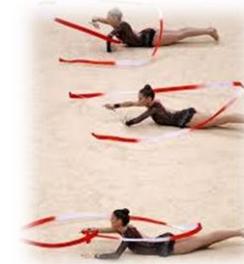
El **ejercicio agudo** puede causar diarrea transitoria

El **ejercicio continuo** moderado protege

(cáncer de colon, diverticulosis, hemorragia gastrointestinal e inflamación intestinal)

El ejercicio puede:

- **Aumentar** el número de especies microbianas beneficiosas,
- Enriquecer la **diversidad** de microbiota,
- mejorar el **desarrollo** de bacterias comensales.



## **VENTANA ABIERTA**

**Situación inmunosupresión tras ejercicio intenso o prolongado**

**Disminución de las NK**

**Disminución de la funcionalidad neutrófilos**

**Disminución de células T y B**

**Disminución de IgA en saliva**

**Facilitándose la entrada de virus y bacterias aumentando el riesgo de padecer infecciones especialmente del tracto respiratorio superior**

# NUTRICIÓN, INMUNIDAD & INTENSIDAD DE EJERCICIO EN DEPORTISTAS DE GIMNASIA RÍTMICA Y ARTÍSTICA, BAILARINAS Y CONTROLES

Tesis Doctoral Ana M<sup>a</sup> Montero

## DEPORTES DE ESTÉTICA

(Gimnasia rítmica, atletismo, patinaje artístico, ballet clásico)

Mantenimiento de peso corporal bajo

- Dieta Restringida
- Comportamiento obsesivo para controlar el peso (En un corto periodo de tiempo y sin regulación adecuada)

Fatiga  
Anemia  
Deshidratación  
Amenorrea (en mujeres)  
Retardo crecimiento  
Densidad ósea disminuida  
Sistema inmune comprometido  
Trastornos alimentarios

TRIADA  
DEPORTISTA



GIMNASIA ARTÍSTICA



AG (n=10)

Federación Española de Gimnasia.  
Equipo olímpico

Volumen de ejercicio: 40-48h/semana  
Edad: 14-18 años

GIMNASIA RÍTMICA



RG (n=22)

Volumen de ejercicio: 40-48h/semana  
Edad: 14-17 años

BAILARINAS BALLE CLÁSICO



BD (n=20)

Ballet Alicia Alonso

Volumen de ejercicio: 20-25h/semana  
Edad: 16-21 años

GRUPO CONTROL

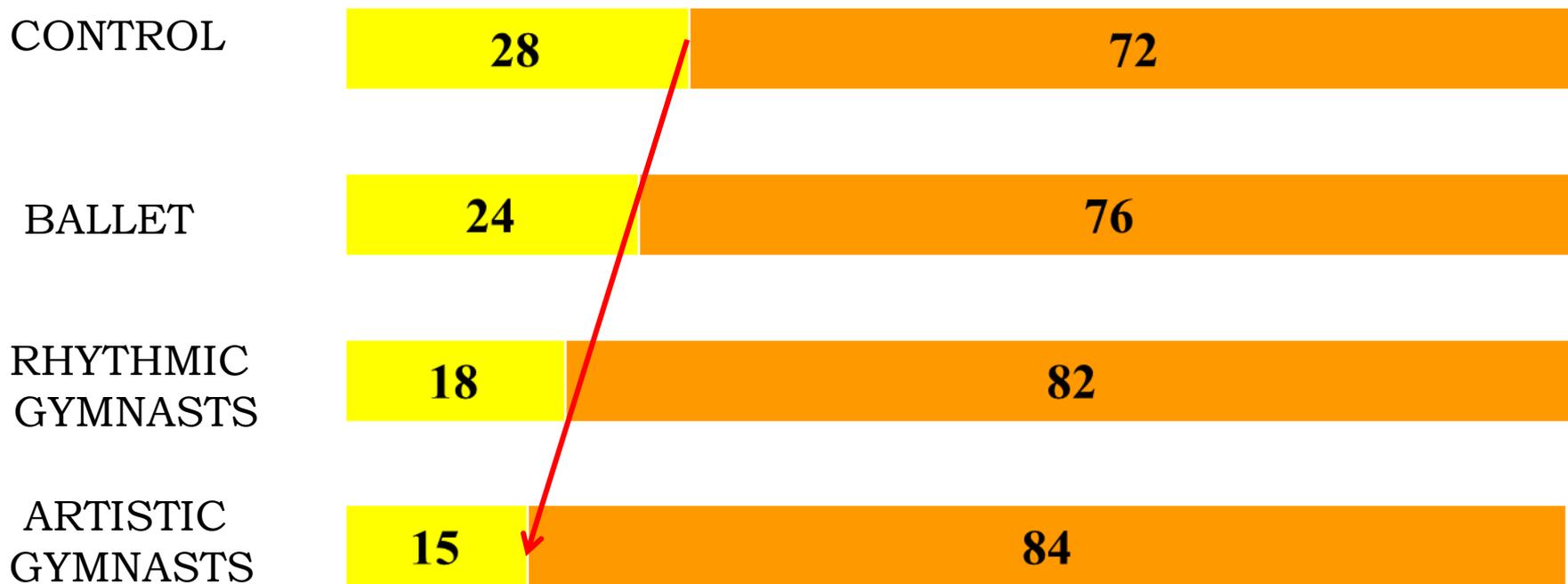
<12h/semana  
Edad: 14-17 años

CG (n=50)

Institutos  
Enseñanza  
Secundaria  
Madrid)



*Masa grasa y masa muscular (%)*



%

Masa grasa

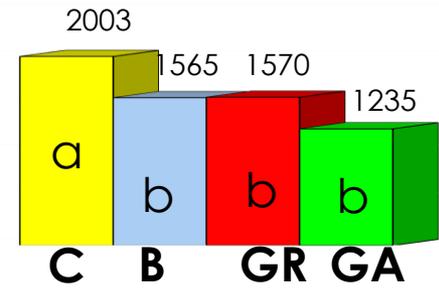
%

Masa muscular



# Perfil energético (E%)

Different letters means different values between groups (Anova p<0.05)

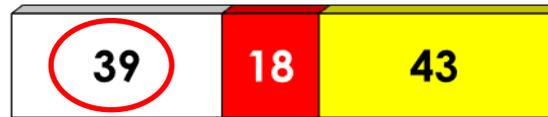


(kcal/día)

Perfil Recomendado



Control



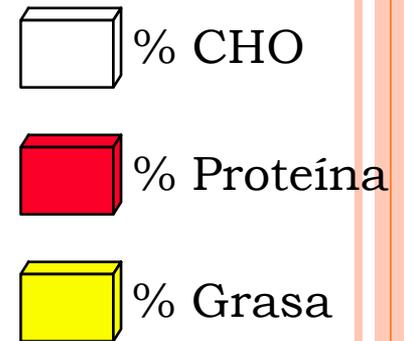
Bailarinas



Gimnasia rítmica

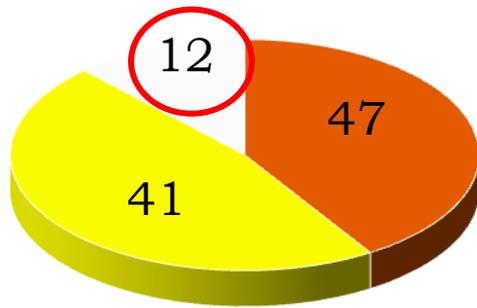


Gimnasia artística



*Delayed-Hypersensitivity skin test reflecting in vivo cell-mediated immune response*

Grupo Control



Respuesta Normal  
score > 10 mm



Hipoergia  
score < 5 mm

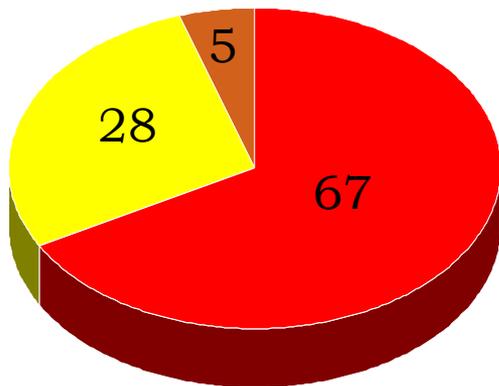


Baja respuesta  
score = 5-10 mm

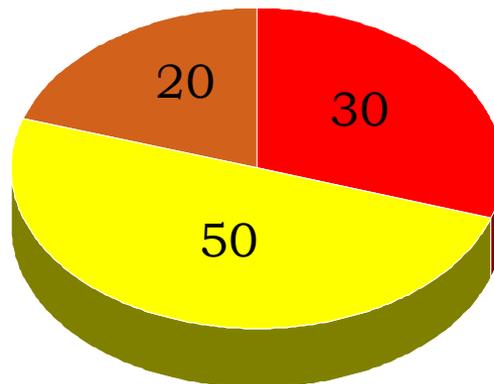


Anergia  
score = 0 mm

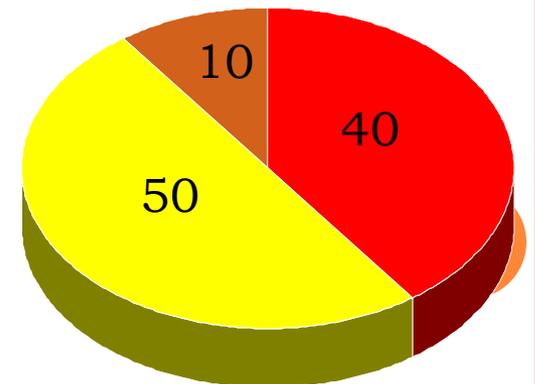
Bailarinas



Gimnasia Rítmica

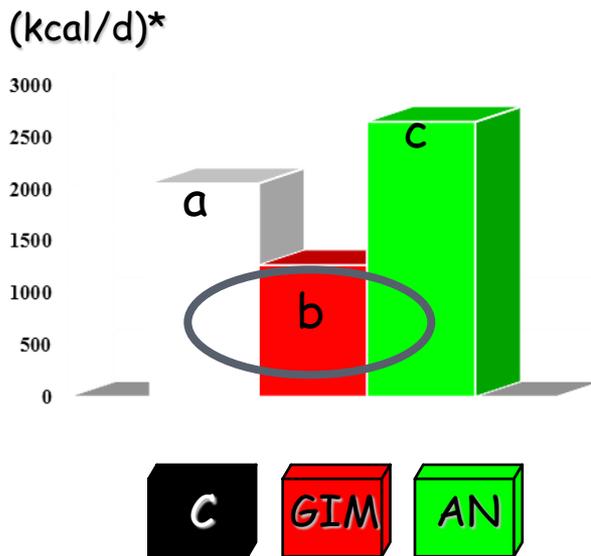


Gimnasia Artística

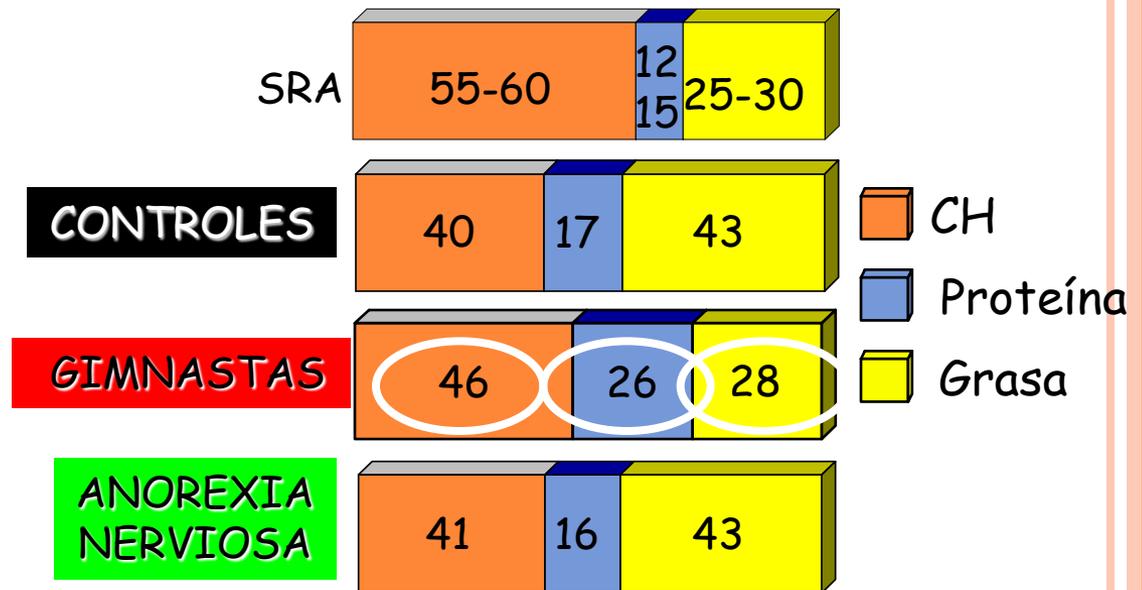


# EVALUACIÓN DIETÉTICA

## INGESTA ENERGÉTICA

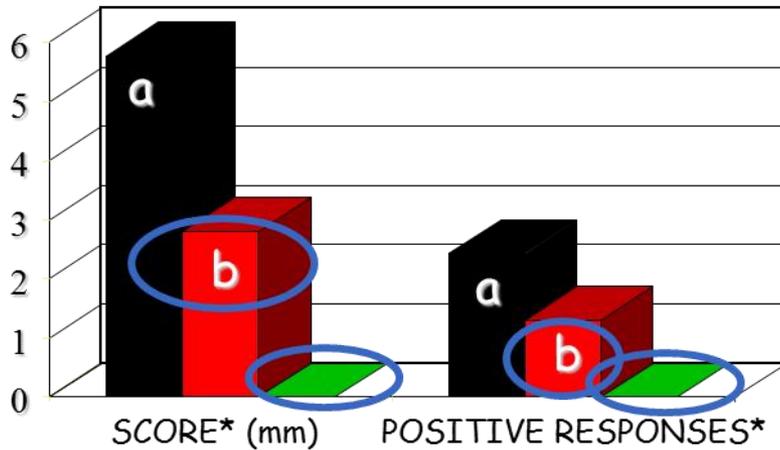
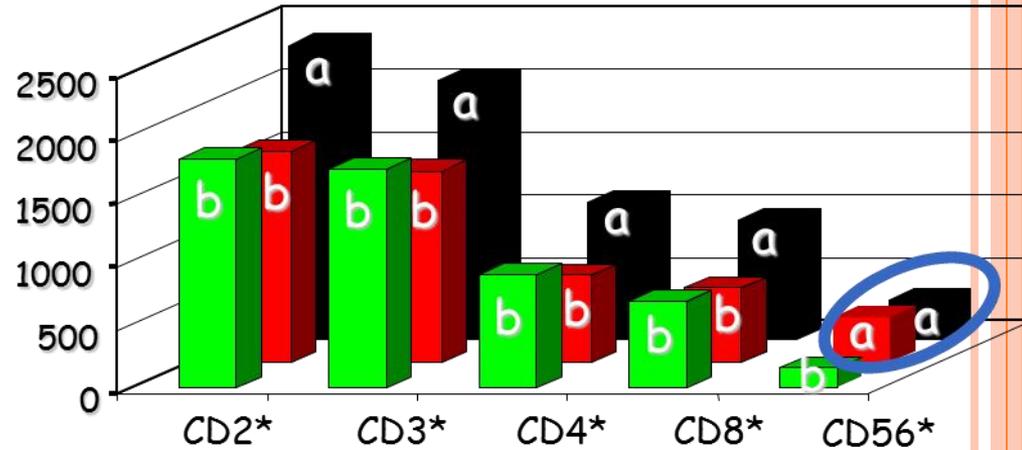
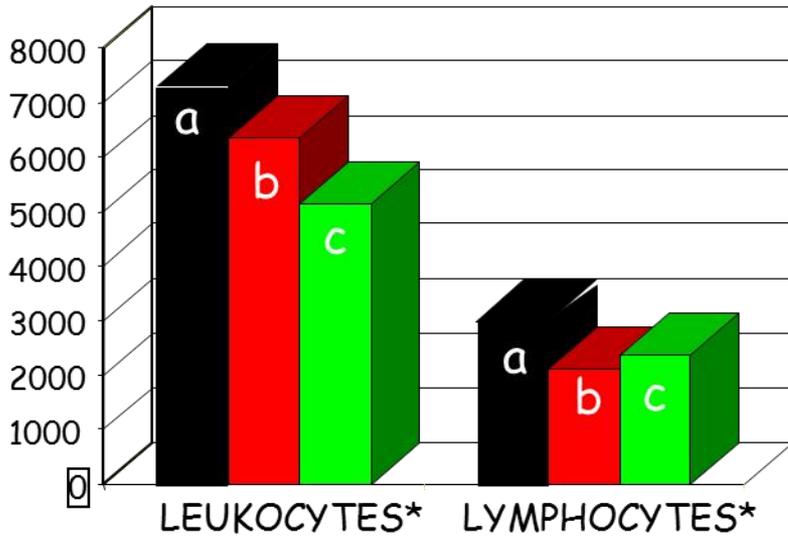


## PERFIL CALÓRICO (%)



\* Significant differences among the three groups (ANOVA  $p < 0.05$ ).  
 Different letters mean significant differences between groups (test t de Student  $p < 0.05$ )





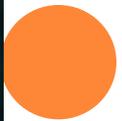
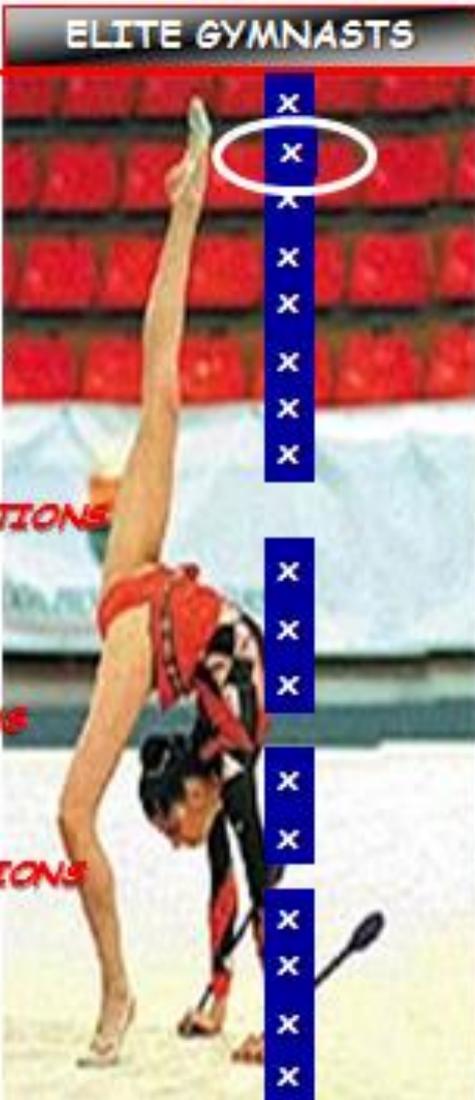
\* Significant differences among the three groups (ANOVA  $p < 0.05$ ).  
 Different letters mean significant differences between groups (test t de Student  $p < 0.05$ )



Positive responses:  $\geq 2$  mm induration  
 Score: total positive responses



MAIN FEATURES	ELITE GYMNASTS	ANOREXIA NERVOSA
Exercise	X	X
Eating Disorder	X	X
Restrictive diet	X	X
Stress	X	X
Menstrual dysfunction	X	X
Delayed pubertal development	X	X
↓ Fat mass	X	X
↓ Bone mass	X	X
<b>NEUROENDOCRINE ALTERATIONS</b>		
↑ Cortisol	X	X
↓ Leptin	X	X
↓ Sexual hormones	X	X
<b>BIOCHEMICAL ALTERATIONS</b>		
↑ Cholesterol	X	X
↓ Trasferrine	X	X
<b>IMMUNOLOGICAL ALTERATIONS</b>		
Leukopenia	X	X
Lymphopenia	X	?
↓DHT skin test response	X	X
Cytokines	X	X



## Correlations between leukocytes and intensity of exercise (hr / week) & energy intake



	Intensidad ejercicio (h/semana)	Energía (kcal/día)
- Leukocytes (cel/mm <sup>3</sup> )	-0.59*	0.49*
- Lymphocytes (cel/mm <sup>3</sup> )	-0.47*	0.42*
- CD2 (cells/mm <sup>3</sup> )	-0.40*	0.43*
- CD3 (cells/mm <sup>3</sup> )	-0.41*	0.48*
- CD4 (cells/mm <sup>3</sup> )	-0.31 (ns)	0.36 (ns)
- CD8 (cells/mm <sup>3</sup> )	-0.45*	0.48*
- CD19 (cells/mm <sup>3</sup> )	0.29 (ns)	-0.23 (ns)
- CD56 (cells/mm <sup>3</sup> )	-0.15 (ns)	0.30 (ns)

\*(p<0.05)

[www.helenastudy.com](http://www.helenastudy.com)

n = 660 adolescents. 10 countries

## CRF



Fitness by the 20mSRT

## C-reactiva protein

Rho = -0.116, p = 0.007

## Muscle strength



Counter movement jump  
Abalakov jump  
Bent arm hang  
Standing broad jump

## C-reactiv protein

Rho ≈ -0.100, p = 0.010

## PA (accelerometry)



light  
moderate  
vigorous  
Moderate-to-vigorous  
total

## C-reactiv protein

p > 0.05





PA: physical activity by accelerometer

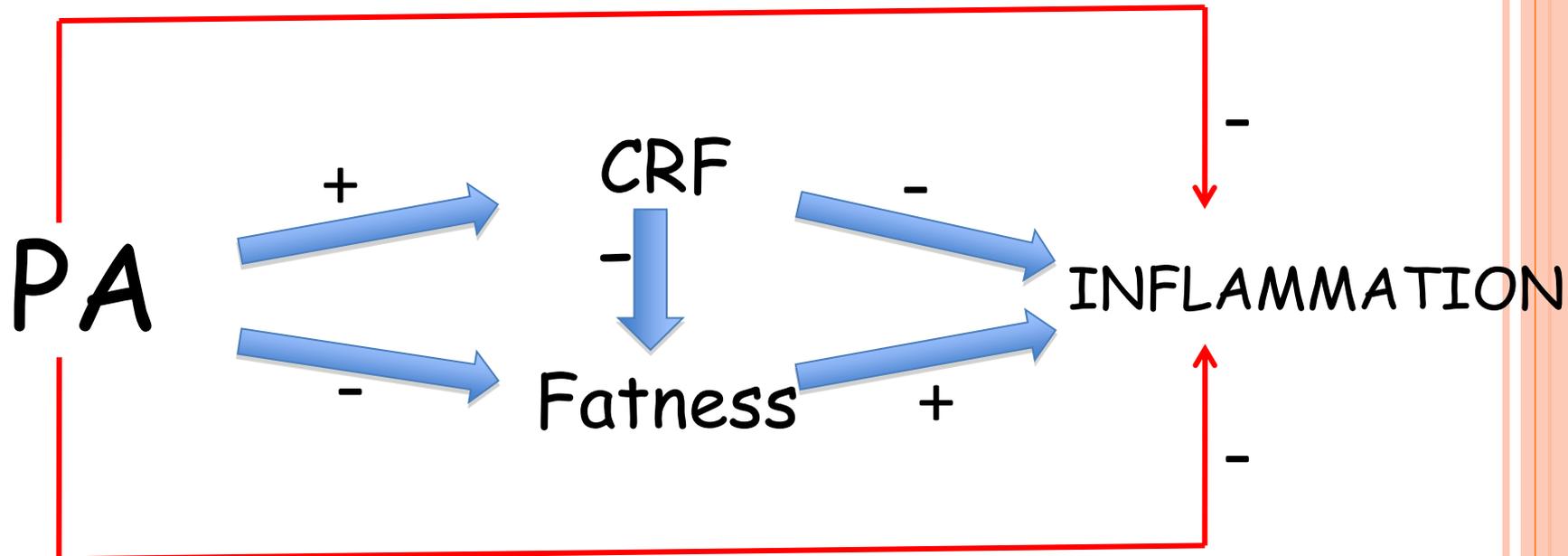
CRF: cardiorespiratory fitness by the 20m shuttle run test

Body fat: sum of 6 skinfolds

Model	Predictor variables	Outcomes											
		CRP (mg/l) <sup>a</sup>			IL-6 (pg/ml) <sup>b</sup>			C3 (g/l) <sup>b</sup>			C4 (g/l) <sup>b</sup>		
		$\beta$	<i>P</i>	R <sup>2</sup>	$\beta$	<i>P</i>	R <sup>2</sup>	$\beta$	<i>P</i>	R <sup>2</sup>	$\beta$	<i>P</i>	R <sup>2</sup>
1	Total PA (cpm) <sup>a</sup>	0.037	0.648	0.009	0.016	0.846	0.012	-0.023	0.772	0.025	0.037	0.475	0.051
2	CRF (laps) <sup>a</sup>	<u>-0.199</u>	<b>0.033</b>	0.014	0.041	0.436	0.011	<u>-0.427</u>	<b>&lt;0.001</b>	0.137	<u>-0.312</u>	<b>&lt;0.001</b>	0.110
3	Body fat (mm) <sup>a</sup>	<u>0.241</u>	<b>0.002</b>	0.040	-0.016	0.842	0.005	<u>0.491</u>	<b>&lt;0.001</b>	0.232	<u>0.250</u>	<b>&lt;0.001</b>	0.113
4	Total PA (cpm) <sup>a</sup>	0.085	0.314		0.006	0.948		0.070	0.352		0.108	0.167	
	CRF (laps) <sup>a</sup>	-0.121	0.277		0.045	0.691		<u>-0.227</u>	<b>0.022</b>		-0.163	0.113	
	Body fat (mm) <sup>a</sup>	<u>0.198</u>	<b>0.027</b>	0.038	-0.004	0.964	0.016	<u>0.403</u>	<b>&lt;0.001</b>	0.245	<u>0.337</u>	<b>&lt;0.001</b>	0.187



## ASOCIACIONES DIRECTAS DE AF CON CONDICIÓN CARDIO-RESPIRATORIA Y GRASA CORPORAL



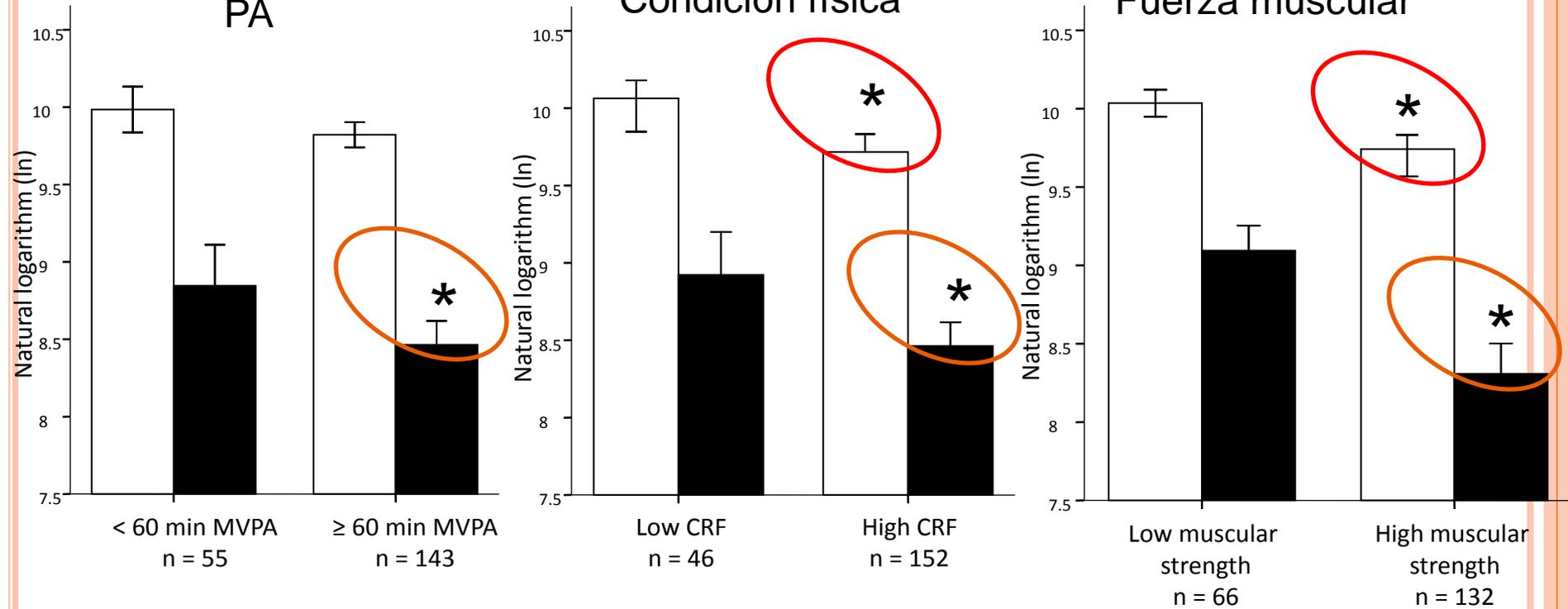
PA ASSOCIATION BETWEEN INDIRECT AND INFLAMMATION



Adiponectina  
 (Regula metabolismo)
  Leptina  
 (Regula Apetito y termogenesis=peso)

# AFÍNOS

PA



n = 198 adolescents españoles





# AVENA

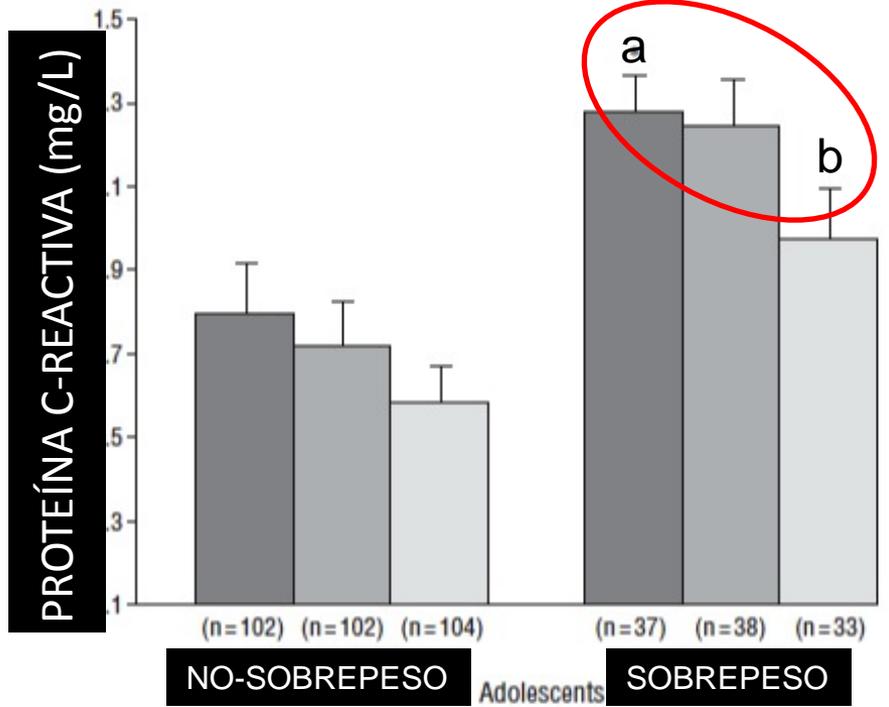
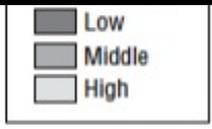
**Table 2. Regression Coefficients, SEM, and Standardized Coefficient of Determination Showing the Association Between Inflammatory Proteins and Muscle Strength<sup>a</sup>**

Measure	$\beta$	SEM	$R^2$	P Value
<u>C-reactive protein</u>	-0.208	0.077	0.10	<b>.007</b>
<u>Complement factor C3</u>	-0.115	0.013	0.20	<b>.047</b>
Complement factor C4	-0.033	0.029	0.06	.26
<u>Ceruloplasmin</u>	-0.142	0.004	0.10	<b>.03</b>
Prealbumin	0.054	0.090	0.01	.55

<sup>a</sup>Controlling for sex, age, pubertal status, weight, height, socioeconomic status, and cardiorespiratory fitness.

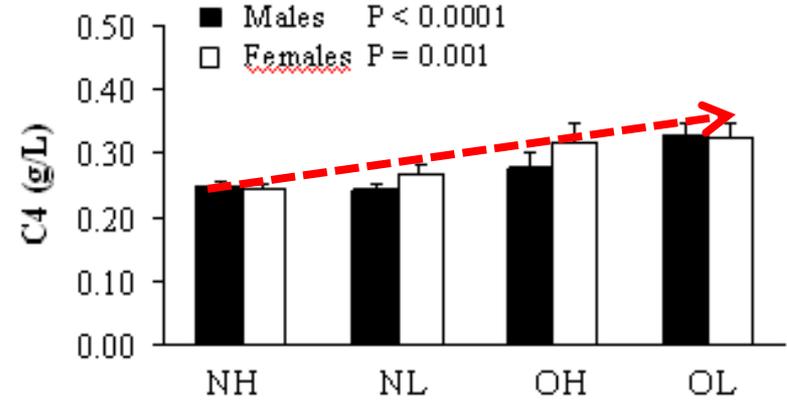
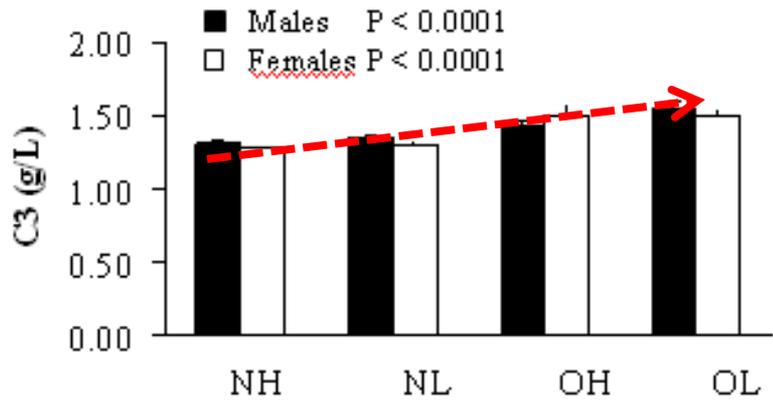
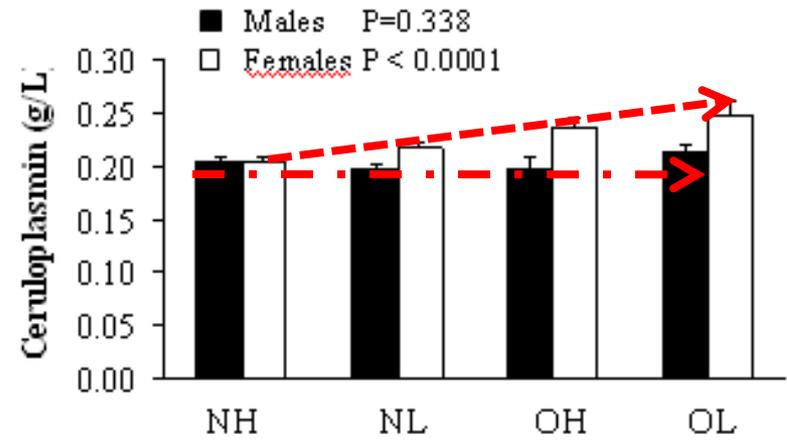
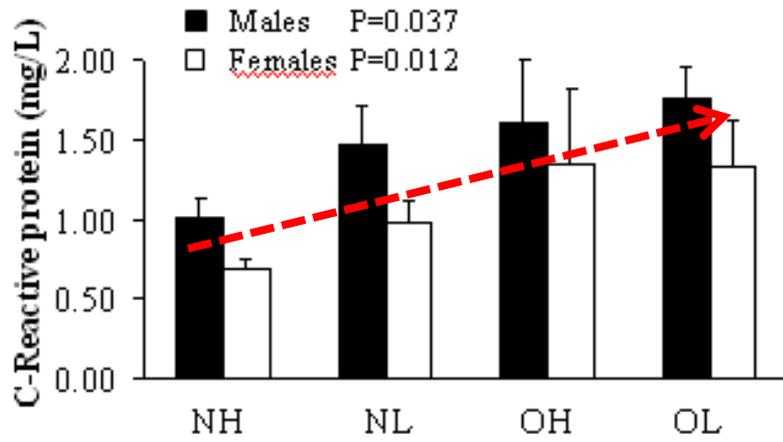
N = 416 ADOLESCENTES

## FUERZA MUSCULAR





# AVENA



NH: normal weight-high fitness  
NL: normal weight-low fitness  
OH: overweight-high fitness  
OL: overweight-low fitness

# Ejercicio agudo vs regular

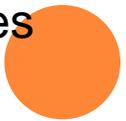


Agudo

Inflamación

Regular

Varios marcadores: fibrinógeno, citokinas, glóbulos blancos, aunque PCR es la que más se utiliza



Ejercicio agudo →

↑ IL-6 plasma



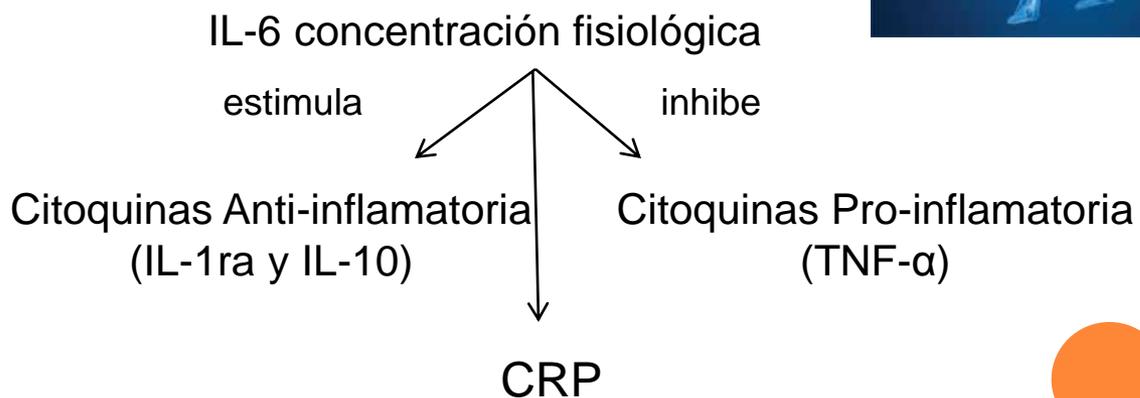
Intensidad ejercicio  
Duracion  
Cantidad masa muscular  
Capacidad resistencia

Músculo esquelético



Ejercicio pesado  
Puede llegar a aumentar hasta 60 veces

La respuesta es menor en individuos entrenados: Adaptación  
Ejercicio regular



INFLAMACION



Ejercicio agudo →



↑ IL-6 plasma

Intensidad ejercicio  
Duracion  
Cantidad masa muscular  
Capacidad resistencia

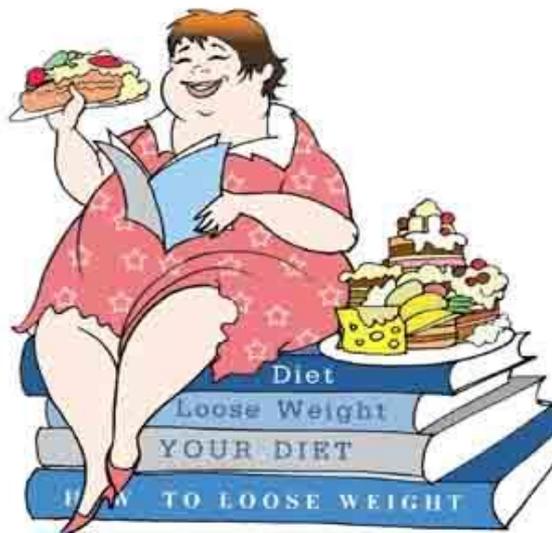
Músculo esquelético



Ejercicio pesado  
Puede llegar a aumentar hasta 60 veces

La respuesta es menor en individuos entrenados: Adaptación

Sujetos desentrenados



↑ IL-6 y CRP

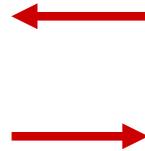
INFLAMACION



# Ejercicio *per se* o combinado

?

Actividad física y obesidad están inversamente relacionadas. No está claro si los beneficios saludables antiinflamatorios de un estilo de vida físicamente activo son debidos al ejercicio *per se* o el resultado de los cambios favorables en la composición corporal





La inactividad física y la obesidad están siendo reconocidas como factores de riesgo comportamental que pueden ser modificados en una gran variedad de enfermedades crónicas (CVD)



Se ha identificado como un predictor más potente de enfermedad crónica que los ya conocidos factores de riesgo como:

Hipertensión  
Hiperlipidemia  
Diabetes  
Obesidad

