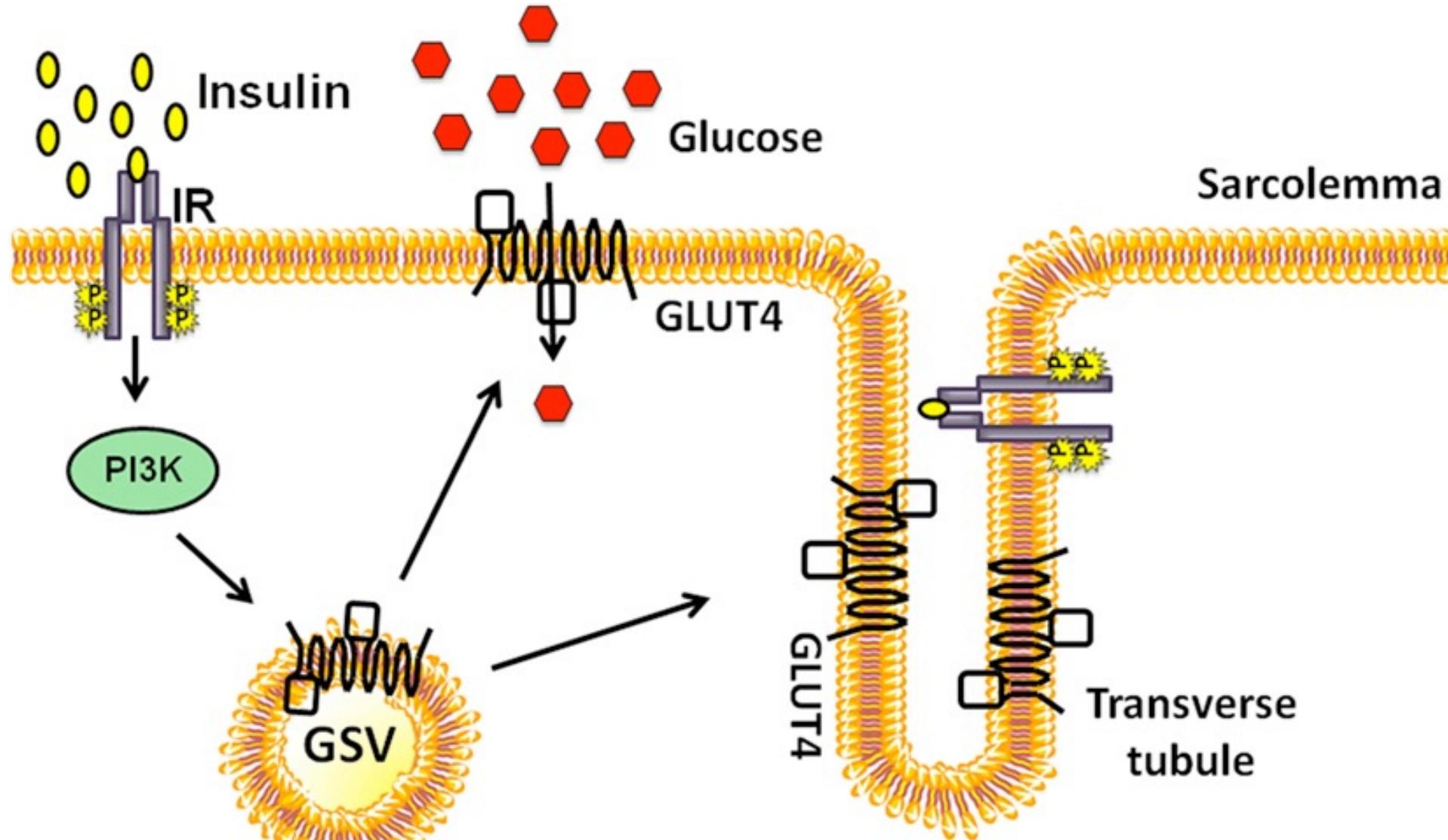
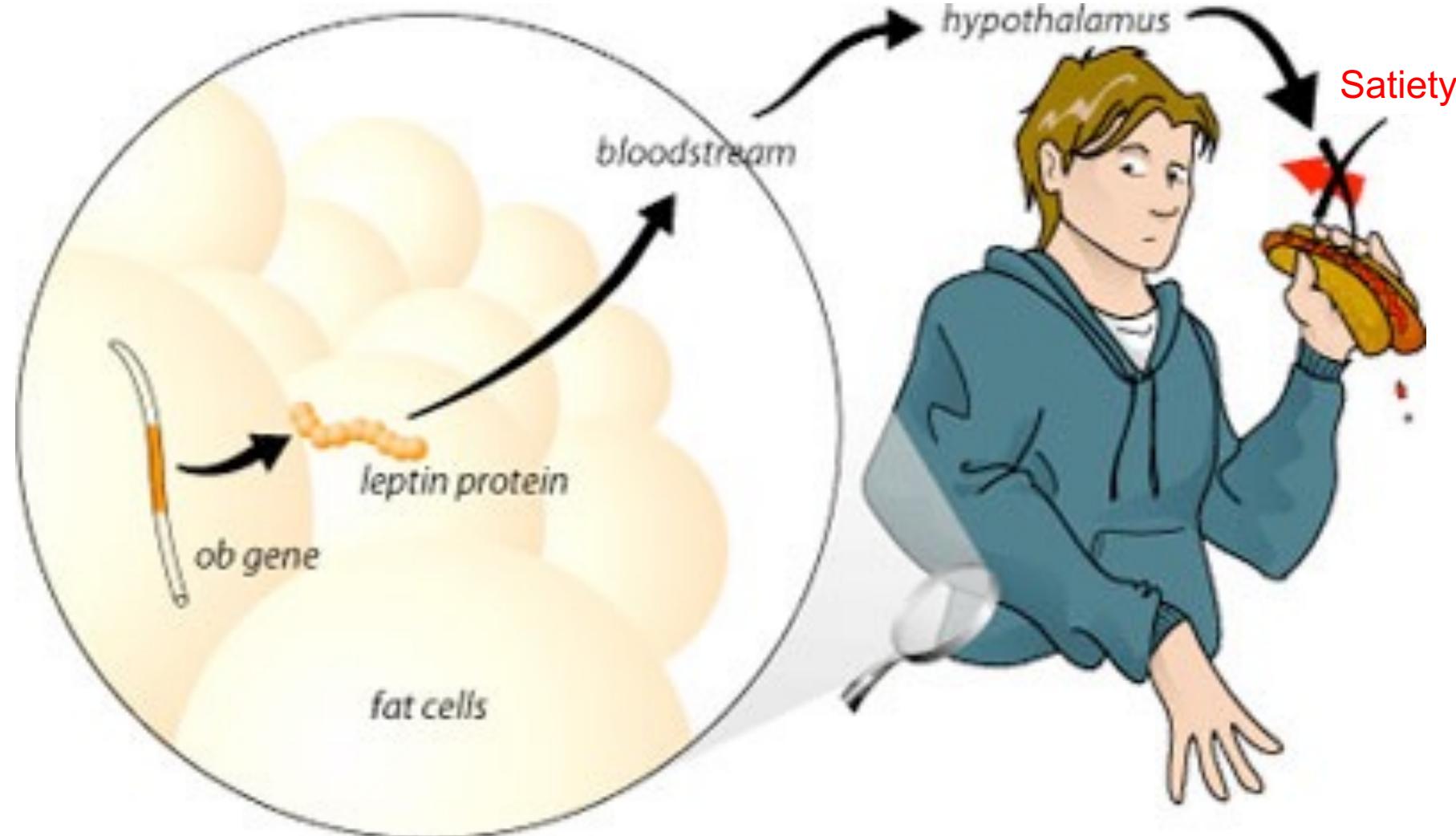


# EFFETTI DELLA INSULINO-RESISTENZA

- Su **tessuto adiposo**: viene meno l'effetto anti-lipolitico della insulina=esaltata lipolisi con immissione in circolo di **acidi grassi liberi** (FFA) che vengono portati al fegato.
- A **livello epatico**: viene meno la capacità dell'insulina di sopprimere la sintesi epatica del glucosio=aumentata produzione di **glucosio** ed **iperglycemia**. Trasformazione degli FFA in **trigliceridi** incorporati nelle VLDL che immesse in circolo vengono trasformate in **LDL** dalla lipoprotein lipasi (LPL) che quindi **aumentano in circolo**. Aumento di VLDL e LDL si associa a **calo delle HDL**.
- Sul **muscolo**: aumento captazione FFA e riduzione della captazione del glucosio attraverso GLUT4, il che contribuisce alla iperglicemia (vedi slide successiva).
- A livello del **pancreas**: l'esposizione delle cellule  $\beta$  ad alte concentrazioni di FFA causa inizialmente iperplasia delle cellule e conseguente **ipersecrezione insulina**, ma a lungo andare **apoptosi e cessazione secrezione insulina**.
- Ipersecrezione insulina si associa ad aumentato assorbimento di  $\text{Na}^+$  e  $\text{H}_2\text{O}$  a livello dei tubuli renali=aumento volemia=**ipertensione**.

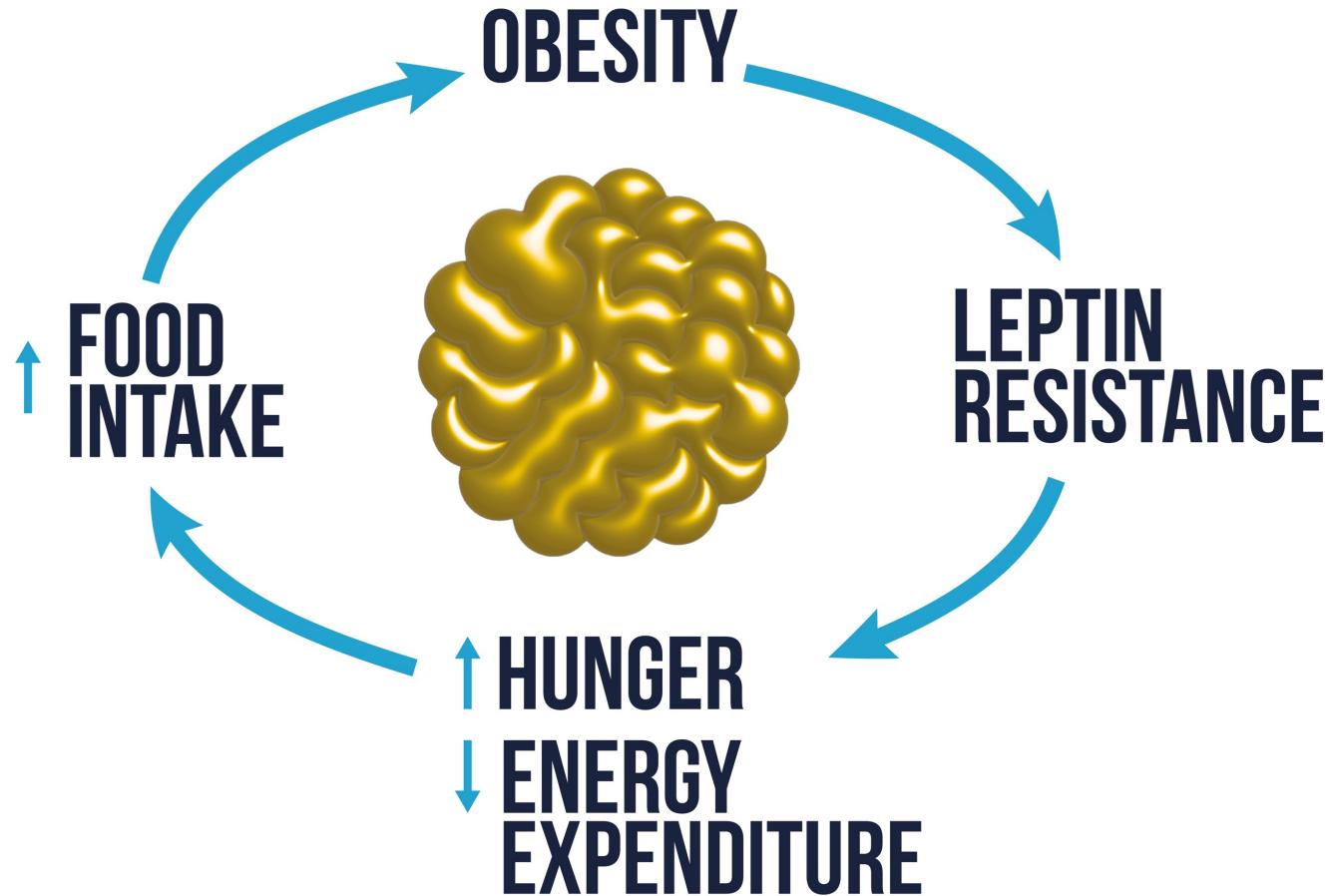


Translocazione delle vescicole del trasportatore del glucosio-4 (GLUT4) stimolata dall'insulina nei tubuli trasversi del muscolo scheletrico e nelle membrane sarcolemmali. L'insulina si lega alle subunità extracellulari del recettore dell'insulina (IR), attivando la cascata di segnalazione della fosfoinositide-3-chinasi (PI3K) e stimolando la translocazione di un pool di vescicole di stoccaggio GLUT4 (GSV) sia verso i tubuli trasversi che verso le membrane sarcolemmali.



La **secrezione di leptina dalle cellule adipose aumenta quando si assume più energia di quella necessaria**. La leptina si sposta attraverso il flusso sanguigno e si lega principalmente ai recettori nell'ippocampo e nell'ipotalamo, parti del cervello che contribuiscono a regolare la fame e altre funzioni corporee (per esempio la leptina aumenta il tasso di ossidazione delle riserve di acidi grassi).

# LEPTIN RESISTANCE



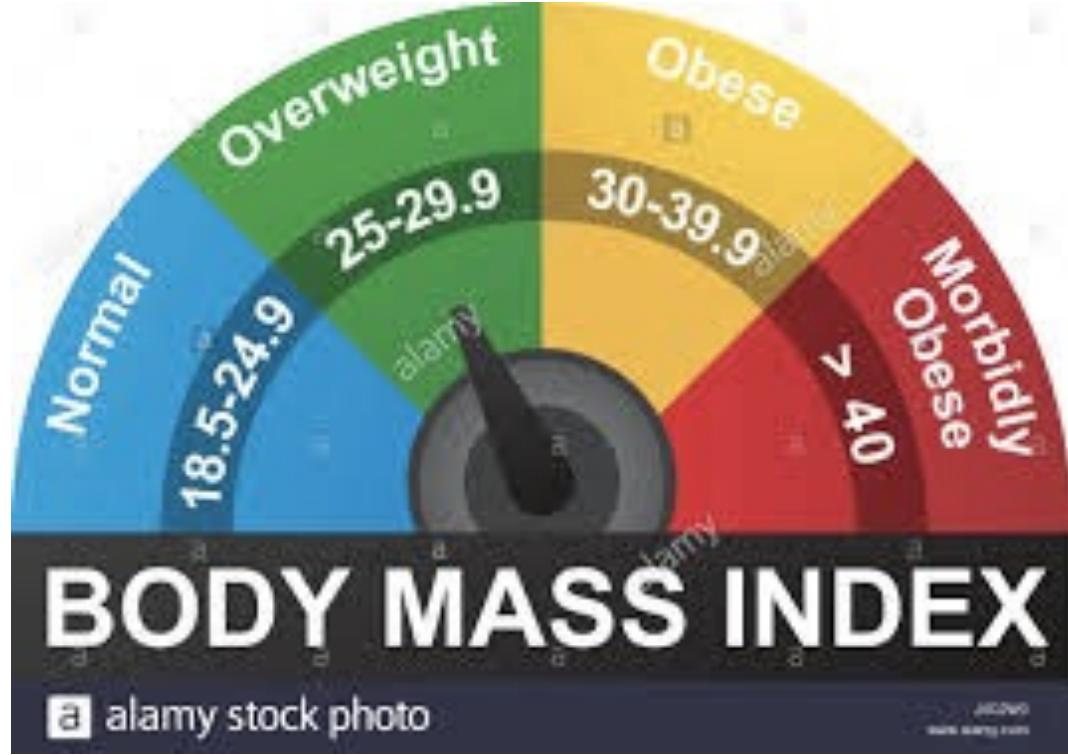
- La resistenza alla leptina si verifica quando il cervello è costantemente stimolato dalla leptina. Questo può causare una disregolazione in questo sistema di feedback, che determina il mantenimento della sensazione di fame, anche se il corpo ha riserve di grasso sufficienti.
- La resistenza alla leptina altera anche il metabolismo in modo che si conservino i depositi e si brucino meno calorie per l'energia. In questo modo, la resistenza alla leptina è un importante contributore metabolico all'aumento di peso e all'obesità.

# Adiponectina

Il valore medio dei livelli circolanti di adiponectina in soggetti non obesi è di circa 10 µg/mL e una diminuzione significativa (superiore al 50%) si osserva nei soggetti obesi. I livelli circolanti di adiponectina correlano negativamente con il BMI.\*

I meccanismi alla base della down-regolazione dell'adiponectina nell'obesità sono molteplici. Tra questi, TNF- $\alpha$  e IL-6 agiscono a livello trascrizionale, inibendo l'espressione del gene dell'adiponectina negli adipociti. Inoltre, gli adipociti ipertrofici accumulano eccessivamente lipidi, generando stress del reticolo endoplasmatico (ER stress). Questo stress attiva percorsi cellulari che sopprimono la sintesi di proteine destinate alla secrezione, inclusa l'adiponectina.

\*BMI: Body Mass Index: si ottiene dividendo il peso in Kg per il quadrato dell'altezza espressa in metri



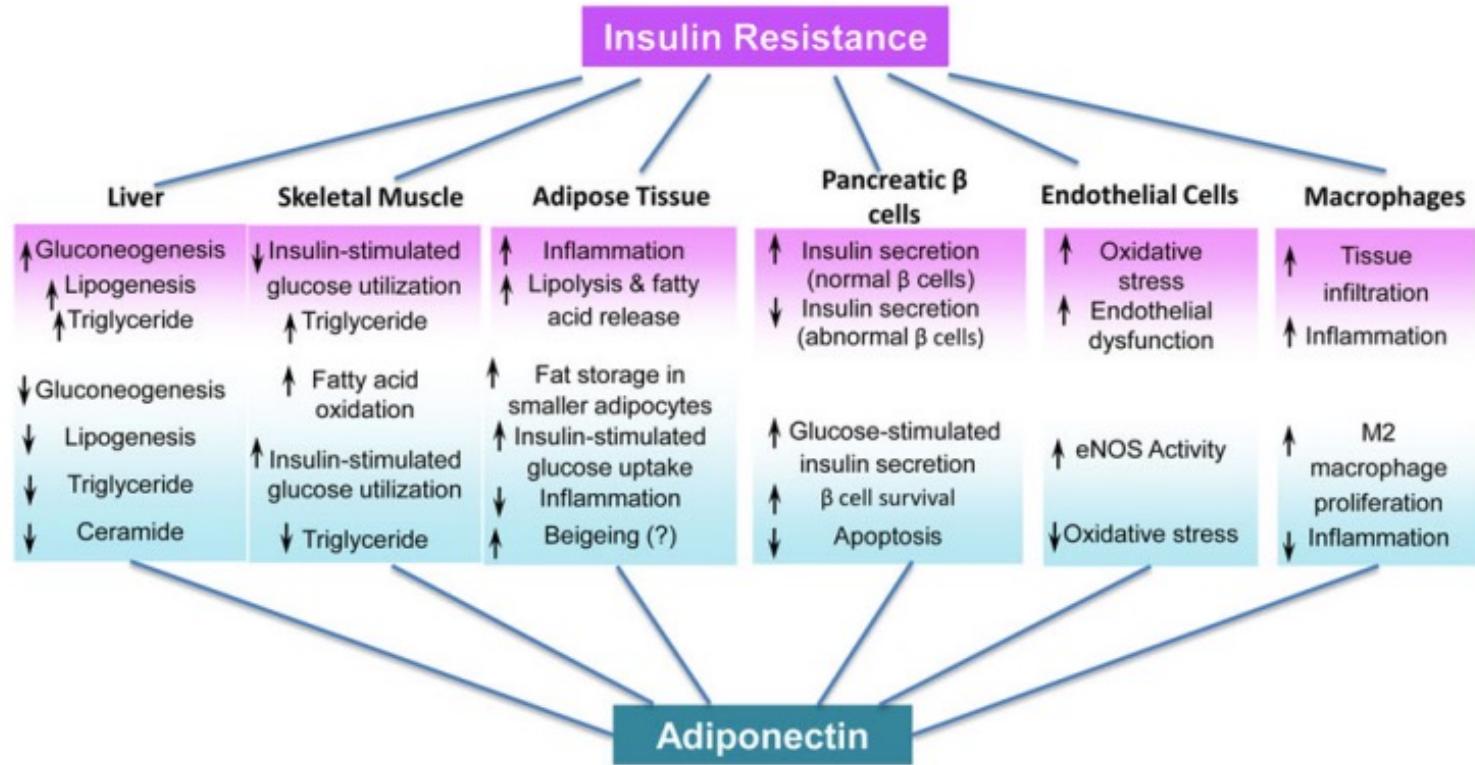
**Tabella 1.** Effetti dell'adiponectina.

---

Migliora la sensibilità all'insulina nel fegato, muscolo e adipociti
Aumenta l'ossidazione dei lipidi nei tessuti favorendo la perdita di peso
Migliora la vasodilatazione endotelio-dipendente
Riduce la produzione di radicali liberi dell'ossigeno
Ha un'azione antiflogistica: riduce l'espressione delle proteine di adesione, la produzione di TNF- $\alpha$ e contrasta gli effetti di TNF- $\alpha$ sulla funzione endoteliale
Inibisce la differenziazione di monociti in macrofagi e la produzione di cellule schiumose
Inibisce l'attività delle metalloproteasi di parete
Inibisce gli effetti delle LDL ossidate sulle cellule endoteliali

---

LDL = lipoproteine a bassa densità; TNF- $\alpha$  = fattore di necrosi tumorale- $\alpha$ .

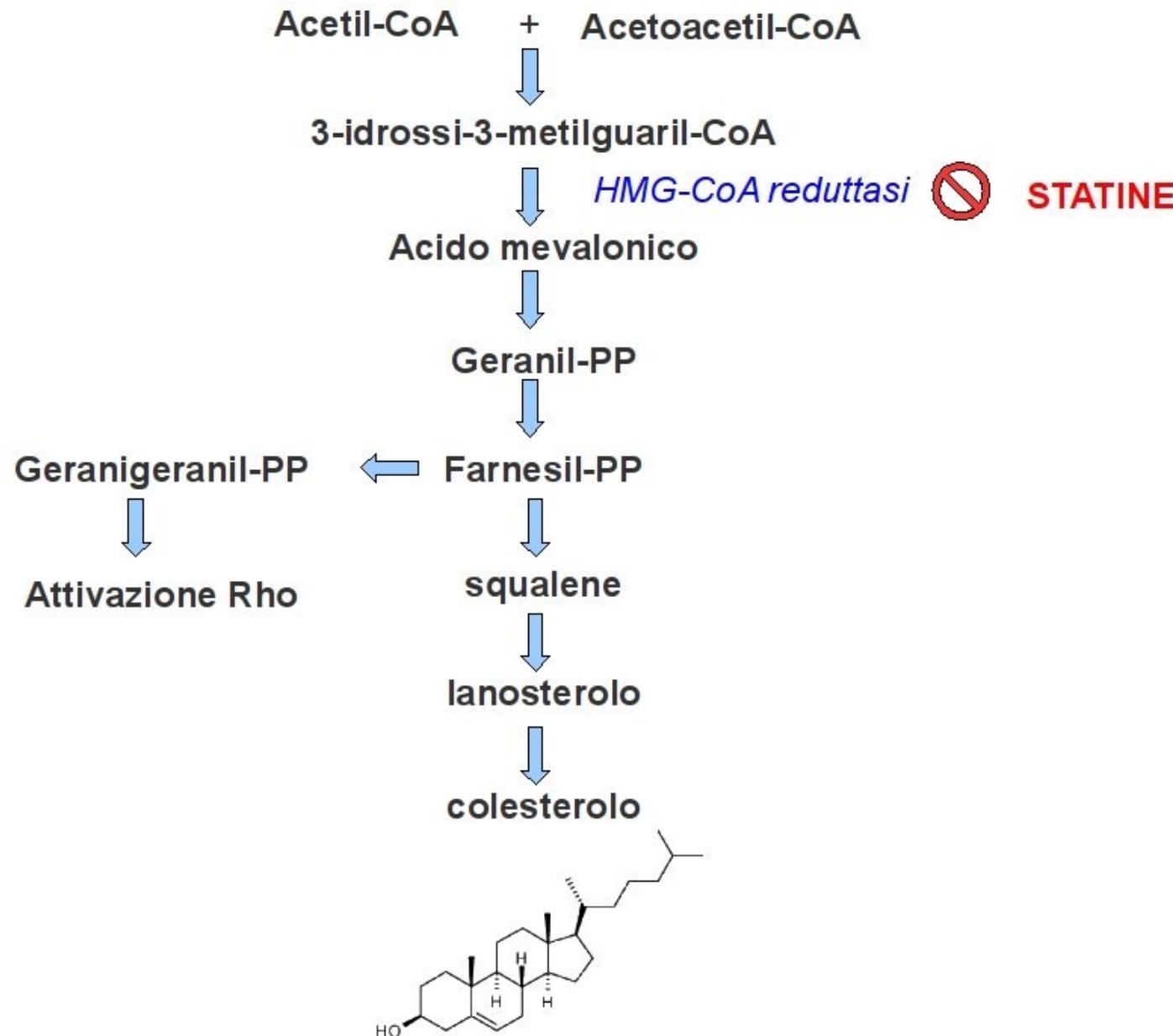


**Figure 1** Summary of tissue-specific functions of adiponectin.

## Altri biomarcatori per la valutazione del rischio cardiovascolare

# Colesterolo-LDL

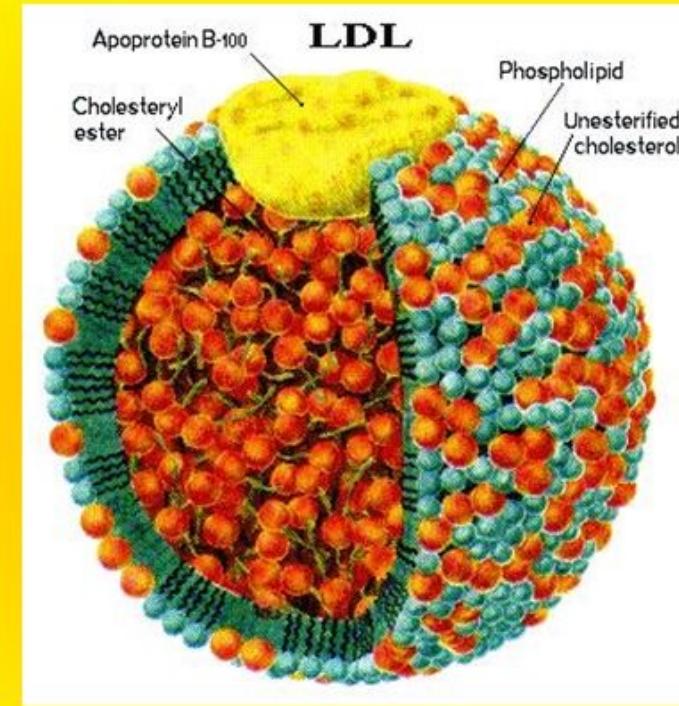




L'uomo produce per biosintesi autonoma la maggior parte del colesterolo necessario, tra 1 e 2 grammi al giorno negli adulti. Solo una piccola parte (in media 0,1 - 0,3, massimo 0,5 grammi) viene assunta con l'alimentazione. Tutte le cellule dell'organismo sono in grado di produrre colesterolo ma la maggior parte viene prodotta dal fegato.

## TRASPORTO dei lipidi nel sangue

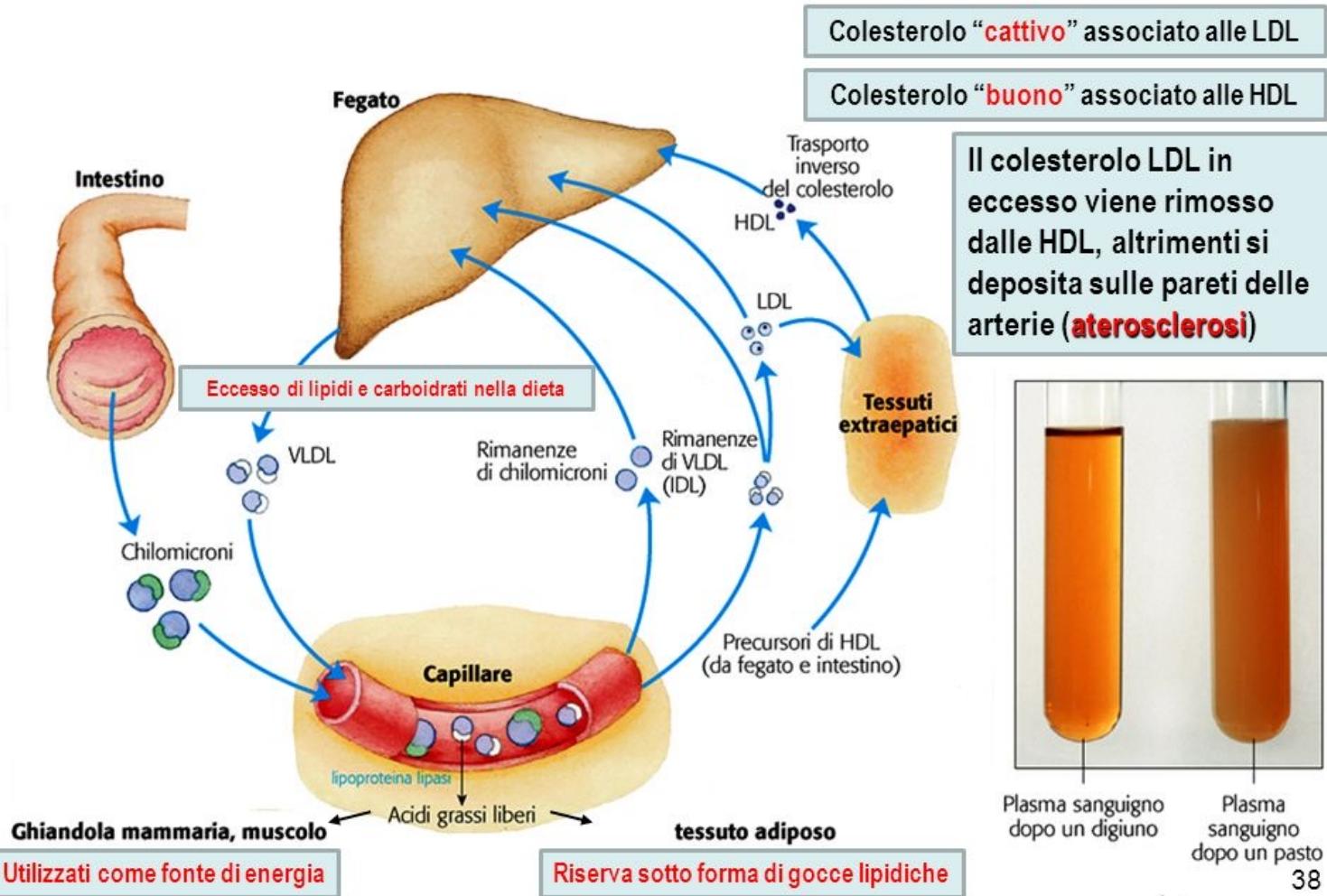
- I lipidi vengono trasportati nel sangue sottoforma di aggregati micellari lipoproteici (**LIPOPROTEINE**) capaci di formare sospensioni stabili.
- Tali formazioni risultano costituite dall'aggregazione di detti lipidi con **PROTEINE IDROFILICHE (APOLIPOPROTEINE)**, mediata da forze non covalenti.
- L'assenza di legami covalenti consente lo scambio dei costituenti lipidici e proteici fra le varie lipoproteine e fra lipoproteine e membrane cellulari.
- Le principali lipoproteine del plasma hanno struttura **GLOBULARE** nella quale apoproteine, fosfolipidi e colesterolo formano un involucro di spessore molecolare (monolayer) entro il quale sono racchiusi, segregati dall'ambiente esterno acquoso, i lipidi idrofobici: triglicerididi e colesterolo esterificato.



# Trasporto dei grassi nel sangue

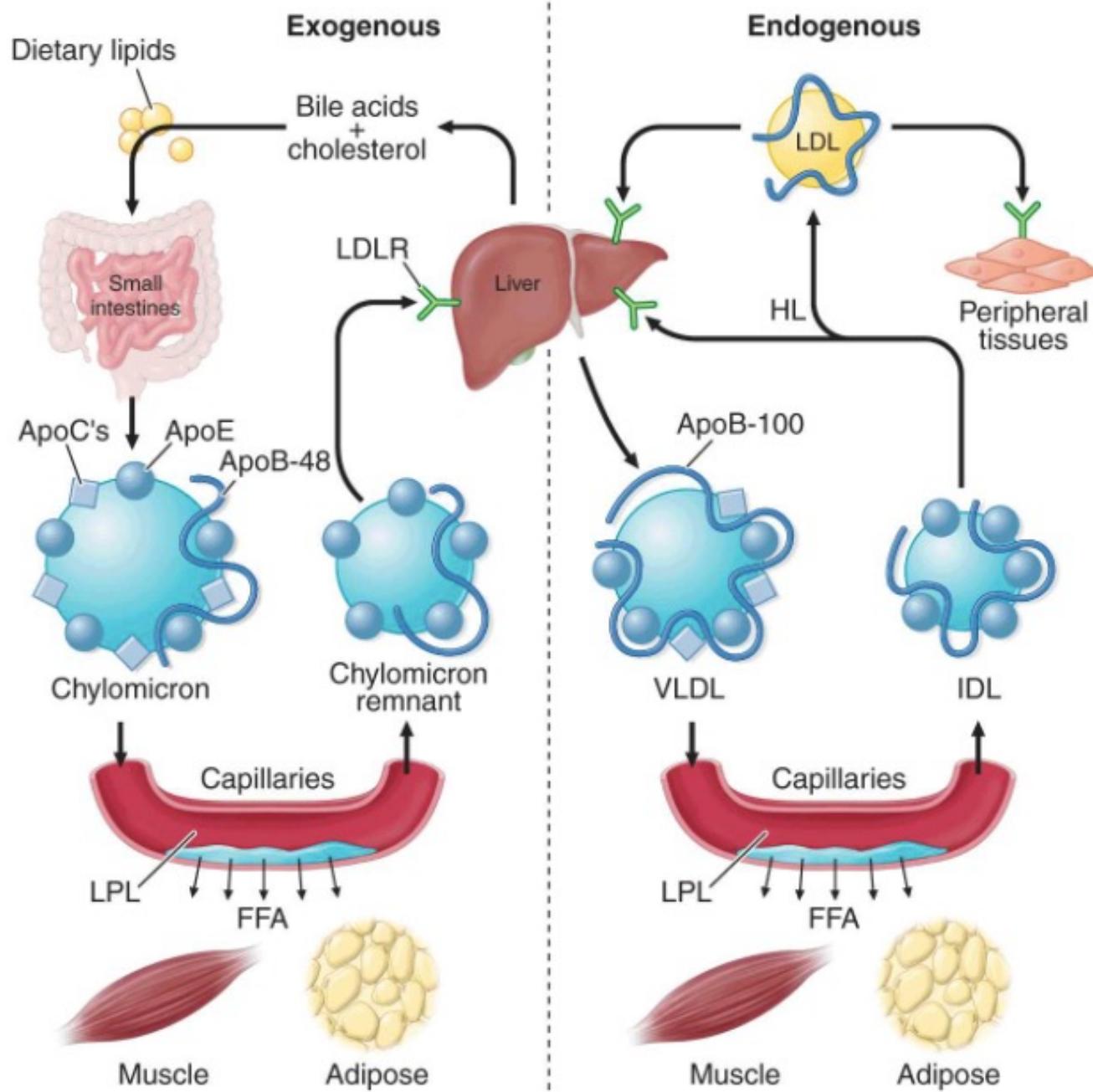
- **Chilomicroni**: trasportano trigliceridi e colesterolo dall'intestino al tessuto adiposo e al fegato
- **VLDL** (lipoproteine a bassissima densità): trasportano trigliceridi e colesterolo sintetizzati dal fegato al tessuto adiposo e ed altri tessuti
- **LDL** (lipoproteine a bassa densità): trasportano il colesterolo ai tessuti periferici (“colesterolo cattivo”)
- **HDL** (lipoproteine ad alta densità): trasportano il colesterolo dai tessuti periferici al fegato, dove viene rimosso (“colesterolo buono”)

## Trasporto del colesterolo e altri lipidi (2)



**Tabella 8.3**  
**Lipoproteine plasmatiche**

<b>Lipoproteine</b>	<b>Componente lipidico del core</b>	<b>Classe lipoproteine</b>	<b>Apolipoproteine</b>
Chilomicroni	Trigliceridi >> Esteri del Colesterolo		AI, AIV, B48, CII, CIII, E
VLDL	Trigliceridi > Esteri del Colesterolo	pre-Beta	B100, CII, CIII, E
IDL	Trigliceridi – Colesterolo – Fosfolipidi	Beta	B100
LDL	Esteri del Colesterolo > Trigliceridi	Beta	B100
HDL	Esteri del Colesterolo >> Trigliceridi	Alfa	AI, AII, CII, CIII, E



**FIGURE 31-2** The exogenous and endogenous lipoprotein metabolic pathways. The exogenous pathway transports dietary lipids to the periphery and the liver. The endogenous pathway transports hepatic lipids to the periphery. LPL, lipoprotein lipase; FFA, free fatty acid; VLDL, very low-density lipoprotein; IDL, intermediate-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; LDLR, low-density lipoprotein receptor; HL, hepatic lipase.

**Tabella 8.5**  
**Livelli di rischio**

	<b>Valori ottimali</b>	<b>Rischio moderato</b>	<b>Rischio alto</b>
<b>Trigliceridi</b>	150 mg/dl	200-400 mg/dl	>400 mg/dl
<b>Colesterolo*</b>	< 200 mg/dl	200-239 mg/dl	≥ 240 mg/dl
<b>HDL</b>	> 65 mg/dl ♂ > 55 mg/dl ♀	45-65 mg/dl ♂ 35-55 mg/dl ♀	< 45 mg/dl ♂ < 35 mg/dl ♀
<b>LDL</b>	< 100 mg/dl	100-159 mg/dl	> 160 mg/dl

\* Colesterolo totale: colesterolo contenuto in tutte le lipoproteine

Più che il colesterolo totale, è importante valutare il rapporto tra questo dato e la frazione buona o HDL. E' infatti più favorevole alla salute una condizione in cui il colesterolo totale è leggermente superiore alla norma e in cui anche la frazione HDL è elevata, rispetto al caso contrario

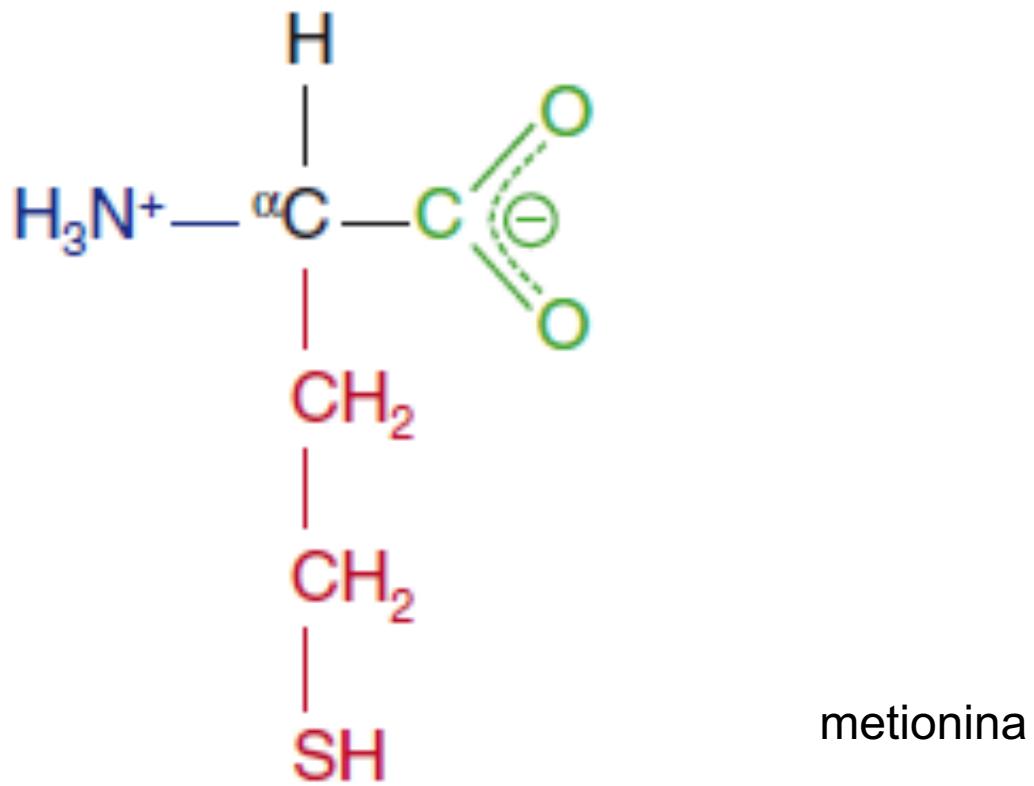
## INDICE DI RISCHIO CARDIOVASCOLARE

- Si ottiene facendo il rapporto fra il valore colesterolo totale e quello del colesterolo HDL (rilevati su un piccolo campione di sangue venoso prelevato a digiuno).
- L'indice di rischio è considerato accettabile quando risulta inferiore a 5 nell'uomo e a 4.5 nella donna.

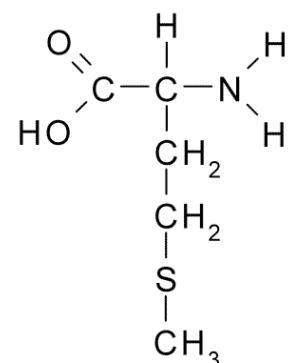
Esempio: un individuo che presenta una colesterolemia totale di 240 mg/dL ed una colesterolemia HDL di 70 mg/dL ha un indice di rischio pari a 3.43, quindi molto basso.

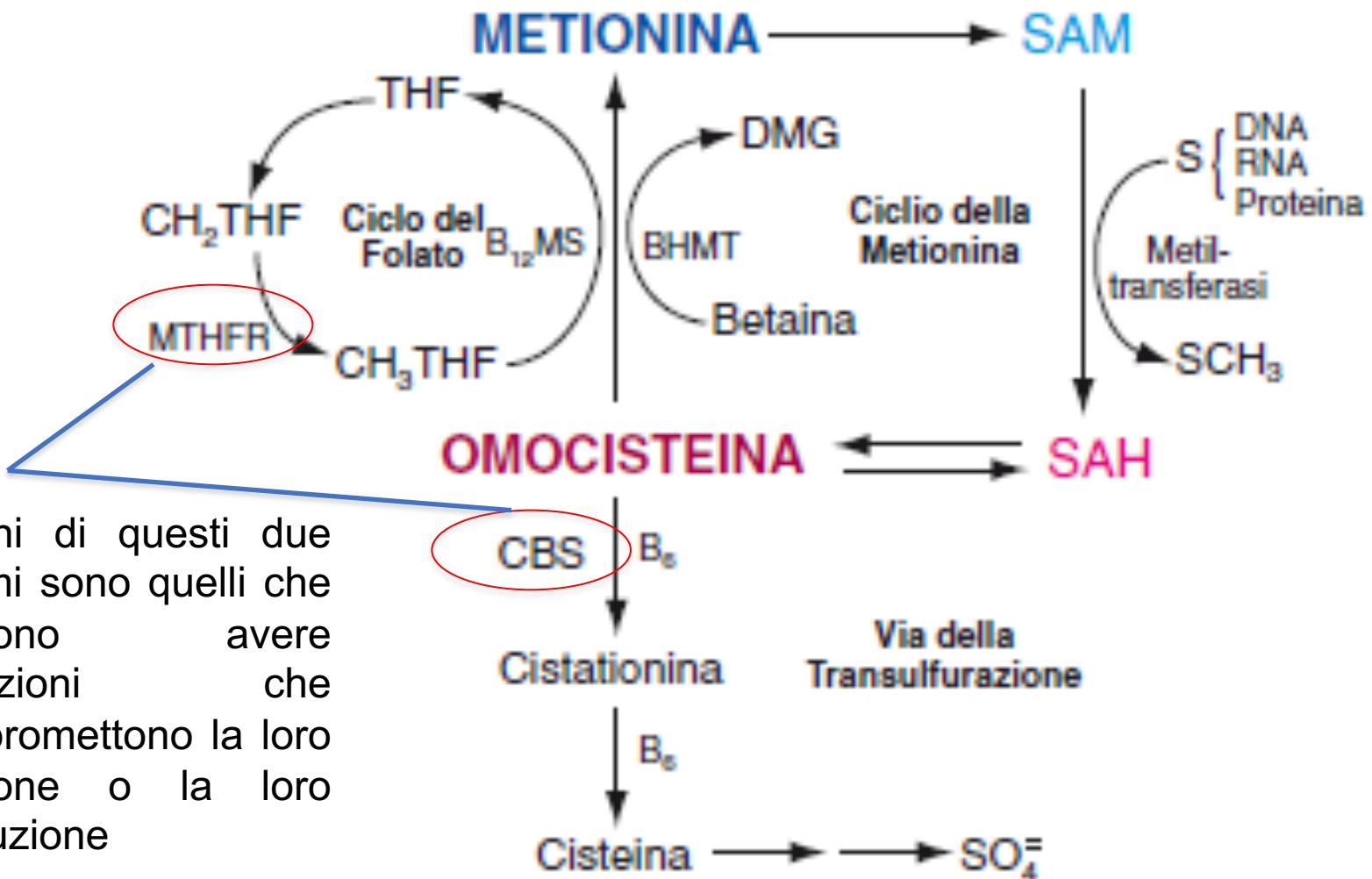
Come tale si trova in una condizione decisamente migliore rispetto a chi ha il colesterolo totale a 190 mg/dL e quello HDL a 36 mg/dL, con un indice di rischio pari a 5.3, quindi medio.

## OMOCISTEINA



**Figura 8.2**  
Formula dell'omocisteina.





**Figura 8.3**

Metabolismo dell'omocisteina. Per la spiegazione vedi il testo.

CBS: cistationina Beta sintetasi

MTHFR: metilen-tetraidrofolato reduttasi

- L'omocisteina è un aminoacido sulfidrilico che viene convertito dalla metionina sintetasi in metionina e dall'enzima CBS in cistationina
- Sono molte le evidenze scientifiche a favore di un possibile ruolo dell'iperomocisteinemia lieve-moderata quale **fattore di rischio aggiuntivo di tipo trombogeno**
- Cause di iperomocisteinemia: deficit congeniti di enzimi coinvolti nel suo metabolismo; carenza di cofattori vitaminici (acido folico, vit. B6 e vit. B12).

## EFFETTI DELL'OMOCISTEINA su DISTRETTO CIRCOLATORIO

1. Azione diretta (tossicità) sull'endotelio e sulla parete vasale con marcato **effetto aterogeno**;
2. Azione sulle piastrine, con aumento della adesività ed **aggregabilità piastrinica**;
3. Azione sui **fattori della coagulazione** e sulle **lipoproteine** (es. attivazione del fattore VII, ossidazione delle LDL).

la supplementazione con **acido folico** associato o meno a **vitamine del gruppo B** è il trattamento standard per i soggetti con valori elevati