

# 38. Aterosclerosi

III edizione print edition

Luigi Barbieri, Enrico Strocchi

 (vedi singoli sotto-capitoli)

38. Aterosclerosi.....	1249	38.2.13. La lesione elementare: l'ateroma.....	1264
38.1. ARTERIOSCLEROSI.....	1251	38.2.14. Le cellule dell'ateroma.....	1265
38.2. ATEROSCLEROSI.....	1252	38.2.15. Formazione dell'ateroma.....	1266
38.2.1. Aterosclerosi: normale evoluzione o malattia?.....	1252	38.2.16. Complicanze delle lesioni aterosclerotiche.....	1268
38.2.2. Valutazione statistica dell'aterosclerosi.....	1252	38.2.17. Alterazioni cellulari e complicanze.....	1268
38.2.3. Linea evolutiva dell'uomo.....	1253	38.2.18. Macrofagi e formazione dell'ateroma.....	1269
38.2.4. Morfologia.....	1254	38.2.19. Macrofagi ed evoluzione dell'ateroma.....	1269
38.2.5. Ateroma ed infiammazione.....	1255	38.2.20. Scambio di mediatori tra le cellule della lesione durante l'aterogenesi.....	1270
38.2.6. Localizzazione delle lesioni aterosclerotiche.....	1256	38.2.21. Linfociti.....	1271
38.2.7. Fattori di rischio.....	1257	38.2.22. Mediatori della fibrosi.....	1271
38.2.8. Conditions sine qua non.....	1258	38.3. FORMAZIONE DI UNA LESIONE AVANZATA, COMPLICATA.....	1272
38.2.9. Ipertensione.....	1258	38.3.1. Placche fibrosi instabili.....	1272
38.2.10. Colesterolo: considerazioni fisiologiche.....	1259	38.3.2. Aspetto istologico di lesioni aterosclerotiche complicate.....	1273
38.2.11. Le inter-relazioni tra le varie classi di lipidi.....	1262	38.4. LIPO-PROTEINE E PROGRESSIONE DELL'ATEROSCLEROSI.....	1274
38.2.12. Quadro d'insieme del trasporto dei lipidi.....	1263	38.4.1. Effetti negativi dell'omocisteina.....	1275
		38.5. PRINCIPALI FONTI UTILIZZATE.....	1276



## 38.1. Arteriosclerosi

👉 Il termine di arteriosclerosi (da non confondere con aterosclerosi) comprende tutte le patologie con "indurimento" (sclerosi significa letteralmente indurimento) delle arterie di ogni calibro

L'arteriosclerosi comprende tre entità patologiche principali:

- *aterosclerosi propriamente detta*
- *arteriolosclerosi (le cui forme principali sono legate a ipertensione e diabete)*
- *necrosi calcifica mediale di Moenckeberg*

## 38.2. Aterosclerosi

### Definizione di aterosclerosi

*L'aterosclerosi è una malattia infiammatoria delle arterie sottoposte a pressione elevata che conduce alla formazione di placche fibro-adipose con possibili stenosi od occlusione del lume*

### 38.2.1. ATEROSCLEROSI: NORMALE EVOLUZIONE O MALATTIA?

👉 Poiché un certo grado di aterosclerosi è presente in tutti gli individui con più di 20 anni, non si può dire che l'aterosclerosi di per sé sia una malattia

Sono le eventuali complicanze patologiche dovute alla presenza di lesioni aterosclerotiche che costituiscono la malattia; queste sono tanto più probabili, quanto maggiore è il grado di aterosclerosi

### 38.2.2. VALUTAZIONE STATISTICA DELL'ATEROSCLEROSI

👉 Poiché il grado di aterosclerosi delle arterie di un singolo paziente si valuta con difficoltà e può richiedere indagini invasive, risulta più utile classificare i pazienti sulla base del rischio statistico di complicanze (infarto del miocardio e ictus in particolare)

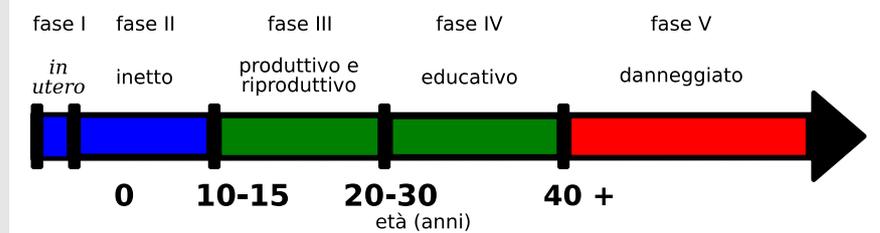
Da numerosi studi epidemiologici e di intervento, il rischio di eventi risulta correlato alla presenza di parametri fisiopatologici e/o comportamentali (pressione arteriosa, colesterolo, fumo, etc.) che pertanto vengono detti "fattori di rischio" per lo sviluppo di aterosclerosi e per il verificarsi degli "eventi" ad essa associati

### 38.2.3. LINEA EVOLUTIVA DELL'UOMO

Da un punto di vista evolucionistico, l'aterosclerosi fa parte di quelle alterazioni degenerative che non hanno subito una pressione evolutiva, in quanto le conseguenze della loro presenza si manifestano quasi esclusivamente ad una età relativamente avanzata

Secondo lo schema seguente i danni da aterosclerosi si manifestano nel periodo "rosso" quando le probabilità di essere ancora in vita durante il periodo evolutivo della nostra specie erano molto scarse. L'aver sviluppato quindi meccanismi di particolare resistenza non avrebbe offerto vantaggi evolutivi alla specie: l'aterosclerosi quindi è rimasta "insita nel nostro DNA"

Figura 38.1. Età dell'uomo dal punto di vista evolutivo



- **I. Inizio.** Pressione evolutiva: solo chi ha un genoma valido sfugge ai meccanismi abortivi (vedi sindrome di Down)
- **II. Investimento.** Pressione evolutiva: entra in questo gruppo un numero di soggetti più numeroso di quello che entrerà nel periodo III, solo una parte dei meglio adattati alla situazione contingente sopravvive
- **III. Produzione e riproduzione.** Pressione evolutiva: competizione tra i maschi per le femmine si riproducono i più forti. Rappresenta il periodo che costituisce la forza del gruppo
- **IV. Educazione.** Allevamento della prole e trasmissione culturale
- **V. Danneggiamento.** Tutti i compiti primari sono esauriti. Il soggetto è probabilmente danneggiato dagli accadimenti di una vita dura. Occupa uno spazio meglio utilizzabile da uno più giovane. Pressione evolutiva: liberare lo spazio al più presto, non c'è vantaggio nella capacità di resistere alle malattie degenerative che compaiono in questo periodo. Apoptosi a livello di individui in un tessuto sociale, in analogia all'apoptosi programmata delle cellule vecchie in un tessuto (vedi mucosa intestinale)

### 38.2.4. MORFOLOGIA

- Il processo dell'aterogenesi inizia con accumulo di lipidi nella parete delle arterie
- Le lesioni aterosclerotiche rappresentano una serie di risposte altamente specifiche sia cellulari sia molecolari che possono essere descritte come una malattia infiammatoria
- Le lesioni dell'aterosclerosi si verificano soprattutto nelle grosse e medie arterie elastiche e muscolari, dove la pressione arteriosa è elevata
- Queste lesioni possono portare ad ischemia del cuore, e/o del cervello, che, se critica, è causa di infarto

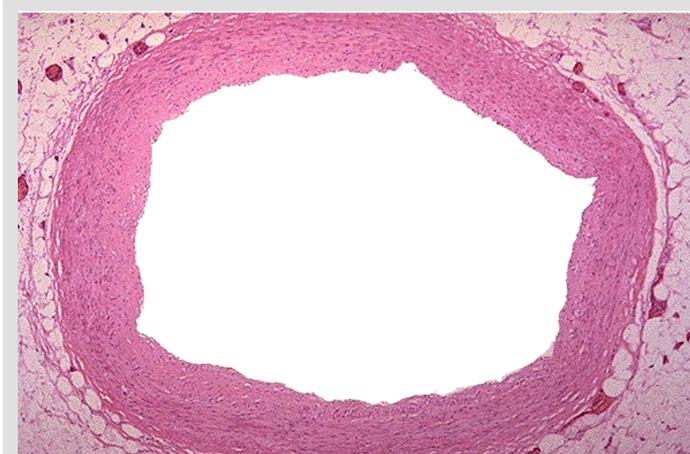


Figura 38.2. Arteria coronaria, normale.  
Liberamente tratto da [library.med.utah.edu/WebPath](http://library.med.utah.edu/WebPath)

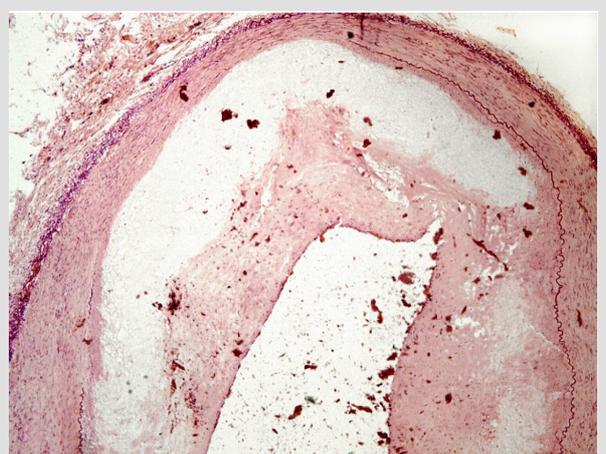


Figura 38.3. Aterosclerosi in arteria coronaria, istologia.  
Dalla collezione Eugenio Bonetti, Istituto di Patologia generale dell'Università di Bologna

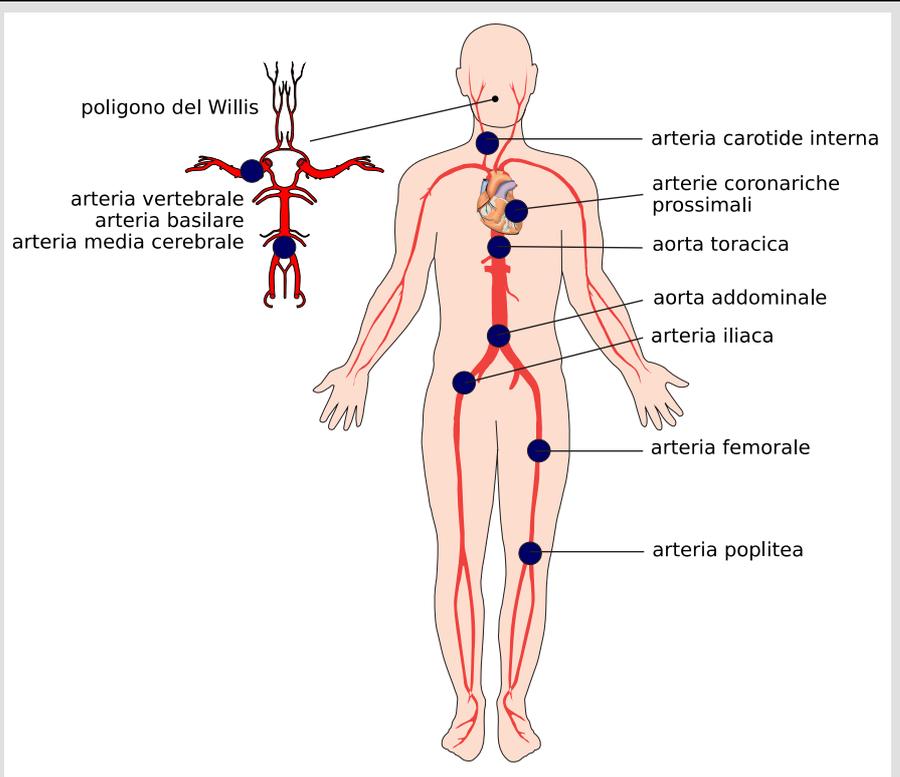
### 38.2.5. ATEROMA ED INFIAMMAZIONE

☞ Sotto molti aspetti l'aterosclerosi ricapitola la patologia generale dell'infiammazione cronica e della riparazione delle ferite

- un ateroma (lesione elementare dell'aterosclerosi) costituisce un caso speciale della risposta tissutale ad un danno o ad uno stimolo
- lo stimolo dannoso nel caso dell'ateroma include derivati ossidati e/o perossidati delle lipo-proteine intrappolate nella lesione
- una volta entrati nella lesione, le proteine ed i lipidi possono andare incontro entrambi a modificazioni chimiche
- costituenti delle lipo-proteine modificate contribuiscono alla formazione e all'evoluzione della lesione

### 38.2.6. LOCALIZZAZIONE DELLE LESIONI ATEROSCLEROTICHE

Figura 38.4. Aterosclerosi: siti più frequenti



### 38.2.7. FATTORI DI RISCHIO

☞ I “fattori di rischio” associati ad un più rapido e/o marcato sviluppo dell’aterosclerosi e delle sue complicanze possono essere distinti in “modificabili” e “non modificabili”; ambedue concorrono ad aumentare la probabilità di complicanze, solo quelli “modificabili” possono essere oggetto di interventi di medicina preventiva

I principali fattori di rischio sono:

#### ● non-modificabili

- età
- sesso
- familiarità per cardiopatia ischemica precoce
- etnia

#### ● modificabili

- iper-colesterolemia
- fumo
- ipertensione arteriosa
- diabete mellito
- abitudini di vita (obesità, dieta aterogena, scarsa attività fisica)

### 38.2.8. *CONDITIONES SINE QUA NON*

☞ Tutti i fattori elencati concorrono allo sviluppo delle lesioni aterosclerotiche ma esistono due *conditiones sine qua non* per lo sviluppo delle lesioni aterosclerotiche:

- *pressione elevata*
- *livelli di colesterolo ematici significativi*

I livelli normali e compatibili con la fisiologia ed il metabolismo umano di questi due parametri sono già al di sopra del livello minimo aterogeno nelle arterie di grosso e medio calibro della circolazione sistemica e quindi lesioni aterosclerotiche ivi insorgono in tutti i soggetti

Nel caso delle arterie della circolazione polmonare dove uno dei due parametri (la pressione) è normalmente al di sotto del minimo aterogeno non si hanno lesioni aterosclerotiche nemmeno in soggetti che presentino elevati fattori di rischio ed avanzate lesioni nell'albero sistemico

### 38.2.9. IPERTENSIONE

- ☞
- L'aterosclerosi non si sviluppa nel circolo polmonare: lesioni aterosclerotiche dell'arteria polmonare si riscontrano solo nei pazienti con ipertensione arteriosa polmonare
  - La gravità delle lesioni aterosclerotiche e, soprattutto, il rischio di eventi cardiaci (infarto miocardico) o cerebrali (ictus), correla con i valori di pressione diastolica e sistolica
  - Ampi studi epidemiologici hanno dimostrato come il rischio di eventi (malattia ischemica coronarica o cerebrale) aumenti in modo continuo a partire da valori di pressione diastolica e/o sistolica al di sotto del limite di 140/90 mmHg identificato per la diagnosi di ipertensione arteriosa

### 38.2.10. COLESTEROLO: CONSIDERAZIONI FISILOGICHE

- ☞ La concentrazione di colesterolo nel sangue ha una correlazione diretta con la malattia vascolare aterosclerotica
- ☞ Il colesterolo viene trasportato nel sangue nelle lipoproteine a causa della sua insolubilità nell'acqua  
Rappresenta uno dei componenti lipidici principali delle lipoproteine ed è presente nelle forme

- libera
- esterificata

- ☞ Il colesterolo serve come:
  - componente stabilizzatrice delle membrane cellulari
  - precursore degli acidi biliari
  - precursore degli ormoni steroidei

- ☞ Il colesterolo proviene solo in parte dalla dieta; la maggior parte viene sintetizzato dal fegato o dall'intestino  
Altri tipi cellulari sono in grado di sintetizzarne piccole quantità, tra cui surrenali e gonadi per la produzione di ormoni steroidei

- ☞ Il colesterolo viene eliminato nella bile sotto forma di sali biliari e di colesterolo come tale

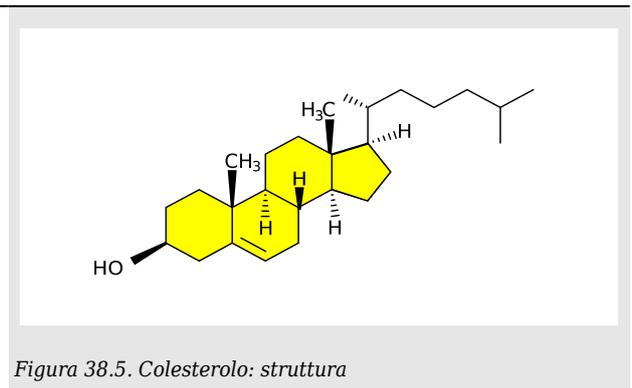


Figura 38.5. Colesterolo: struttura

### Colesterolo nei chilomicroni e nelle VLDL

- ☞ Il colesterolo viene impaccato nei chilomicroni nell'intestino e nelle VLDL (*very low density lipoproteins*, lipoproteine a bassissima densità) nel fegato  
Il colesterolo viene trasportato nel sangue in queste lipo-proteine insieme ai triacil-gliceroli (o trigliceridi)  
Con la digestione dei trigliceridi nelle lipo-proteine da parte delle lipoprotein-lipasi
  - i chilomicroni si trovano ridotti a chilomicroni *remnants* (CMR)
  - le VLDL sono convertite in IDL (*intermediate density lipoproteins*, lipo-proteine a densità intermedia) e poi in LDL (*low density lipoproteins*, lipo-proteine a bassa densità)
 CMR e LDL tornano al fegato dove si legano a recettori di membrana, vengono endocitati e digeriti con l'ausilio dei lisosomi  
Per le LDL esistono anche recettori nei tessuti periferici, che possono endocitarle ed utilizzarne il contenuto  
Il fegato utilizza questo colesterolo riciclato assieme al colesterolo neo-sintetizzato per produrre VLDL ed acidi biliari

## Colesterolo nelle HDL

☞ Benché le HDL (*high density lipoproteins*, lipo-proteine ad alta densità) contengano sia trigliceridi che colesterolo, la loro funzione è assai diversa da quella delle altre lipo-proteine: le HDL scambiano proteine e lipidi con le altre lipo-proteine nel sangue

Le HDL

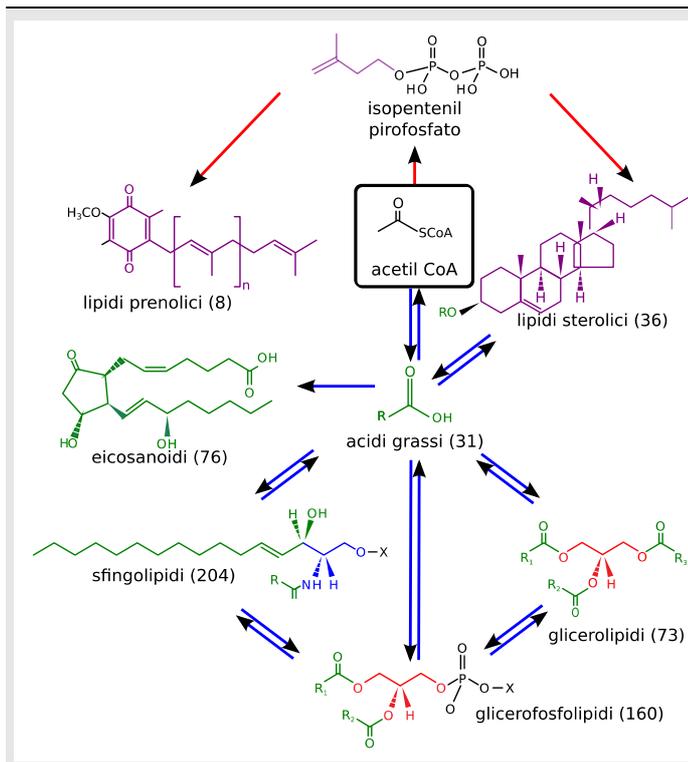
- si caricano di colesterolo prelevato dalle altre lipo-proteine e dalle membrane cellulari
- trasformano il colesterolo in esteri tramite l'enzima lecitina:colesterolo aciltransferasi (LCAT)
- trasportano il colesterolo al fegato

## Colesterolo "buono" e colesterolo "cattivo"

☞ Per le azioni sopra descritte

- il colesterolo legato alle HDL viene definito come **"buono"** perché lascia i tessuti per ritornare al fegato a differenza
- del colesterolo legato alle LDL che più facilmente si deposita nei tessuti e perciò viene designato come **"cattivo"**

### 38.2.11. LE INTER-RELAZIONI TRA LE VARIE CLASSI DI LIPIDI



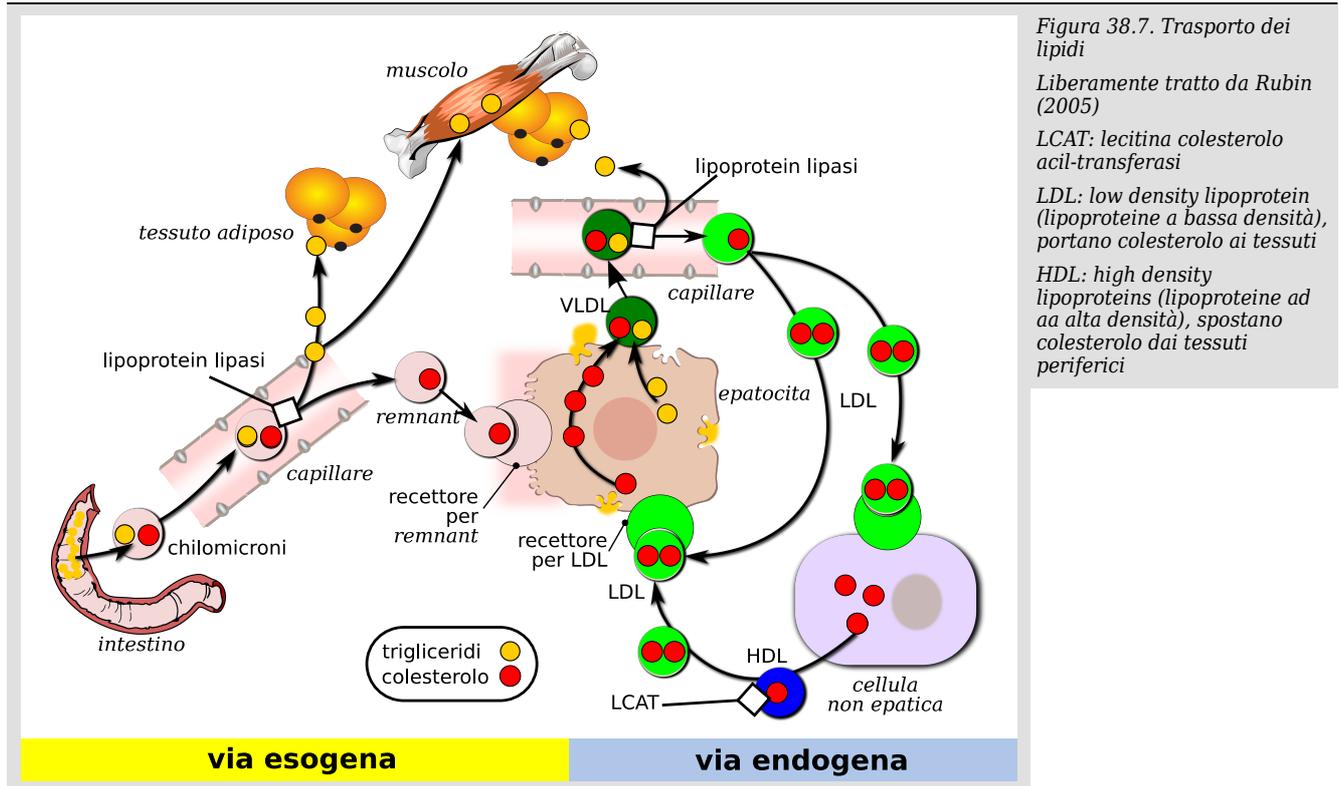
☞ Con la possibilità sempre maggiore di valutare l'assetto lipidico (lipidomica) in modo integrato e complessivo, diviene essenziale ricordare che le classi di lipidi sono strettamente correlate tra loro

Figura 38.6. Relazioni tra le principali categorie di lipidi

- Le relazioni tra le principali categorie di lipidi sono qui esemplificate attraverso molecole rappresentative di ogni classe e due vie principali a partire dal precursore a 2 atomi di carbonio acetil-coenzima A (CoA)
- prima via (frecce rosse): a partire dall'acetil-CoA formazione del precursore isoprenico a 5 atomi di carbonio isopentenil-pirofosfato, il mattone per la sintesi di lipidi prenolici e sterolici (n indica il numero di unità isopreniche)
- seconda via (frecce blu): a partire dall'acetil-CoA biosintesi degli acidi grassi. Gli acidi grassi a loro volta entrano a far parte di lipidi complessi - glicero-lipidi, glicero-fosfo-lipidi, sfingo-lipidi e lipidi sterolici. Alcuni acidi grassi vengono convertiti ad eicosanoidi
- Gruppi sostituenti derivati dagli acidi grassi sono indicati in verde, atomi derivati dall'isoprene sono indicati in viola, il backbone derivato dal glicerolo in rosso, mentre quello derivato dalla serina è indicato in blu
- Le frecce indicano trasformazioni tra le principali categorie lipidiche. I valori tra parentesi indicano il numero di analiti diversi tra loro all'interno della singola categoria lipidica

Liberamente tratto da Quehenberger (2010, 2011)

### 38.2.12. QUADRO D'INSIEME DEL TRASPORTO DEI LIPIDI



### 38.2.13. LA LESIONE ELEMENTARE: L'ATEROMA

☞ La lesione elementare dell'aterosclerosi si chiama **ateroma**

- l'ateroma è una lesione che inizia nella tonaca intima: si presenta essenzialmente con una proliferazione di cellule muscolari lisce e accumulo di lipidi
- gli ateromi si trovano sparsi nella parete delle arterie di grande e medio calibro (vasi ad alta pressione)
- la localizzazione degli ateromi varia da soggetto a soggetto ma statisticamente sono privilegiate alcune sedi caratterizzate da flusso vorticoso: ad es.: la "esse" della carotide interna, le biforcazioni
- la distribuzione casuale delle lesioni lascia intendere che lo stabilirsi di un ateroma è un fenomeno statistico, tutto sommato piuttosto raro, fenomeno tuttavia persistente per anni e che quindi diventa: certo per presenza, incerto per localizzazione
- la presenza di fattori di rischio aumenta la probabilità che un ateroma si formi e ne accelera la crescita, nonché favorisce l'insorgere di complicanze clinicamente significative

### 38.2.14. LE CELLULE DELL'ATEROMA

☞ Non molto tempo fa, la maggior parte dei medici considerava l'ateroma come una raccolta inerte di colesterolo, calcio, e tessuto fibroso in costante ed ineluttabile crescita fino alla conclusiva ostruzione del vaso con conseguente interruzione del flusso ematico

Piuttosto che vedere l'ateroma come la progressiva chiusura di tubi con una poltiglia amorfa ora noi siamo in grado di valutare gli aspetti dinamici e vitali della lesione aterosclerotica

☞ Le cellule proprie della lesione aterosclerotica sono:

- cellule endoteliali
- cellule muscolari lisce fibrogeniche
- cellule estranee come leucociti infiltranti

☞ Questi vari tipi cellulari si scambiano attivamente messaggi che regolano funzioni critiche nell'induzione della lesione, e della sua progressione fino alle manifestazioni cliniche

### 38.2.15. FORMAZIONE DELL'ATEROMA

#### Fase 1

Danni cronici all'endotelio da:

- iper-lipidemia
- ipertensione
- fumo
- risposta immune

provocano un'aumentata permeabilità endoteliale mediata da NO, prostaciline, PDGF (*platelet derived growth factor*), angiotensina II ed endotelina

Le modificazioni più precoci avvengono nell'endotelio

- *up regulation* di molecole di adesione
- migrazione di leucociti nella parete arteriosa mediata dalle LDL ossidate, e varie citochine

#### Fase 2

- Migrazione delle cellule muscolari lisce dalla media all'intima sotto stimolo di PDGF (*platelet derived growth factor*), fattore di crescita dei fibroblasti FGF 2, TGF- $\beta$
- Attivazione delle cellule T, mediato da TNF- $\alpha$ , IL-2 e fattore stimolante le colonie granulocito-macrofagiche GM-CSF

**Fase 3**

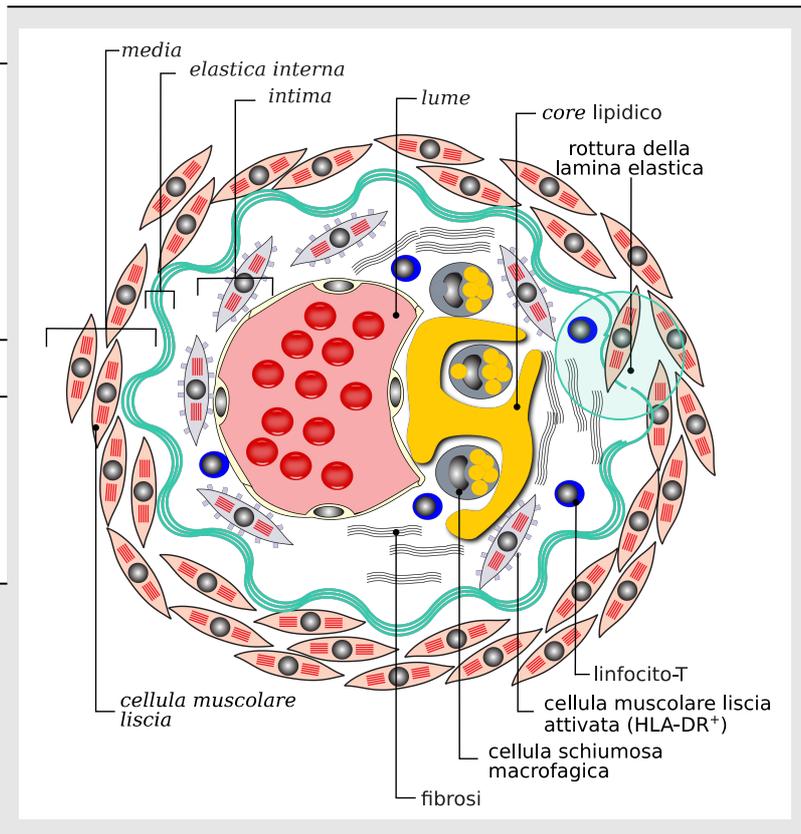
- I macrofagi e le cellule muscolari lisce fagocitano i lipidi
- Si formano strie lipidiche, consistenti inizialmente in monociti e macrofagi carichi di lipidi, soprattutto colesterolo (cellule schiumose) insieme a linfociti T
- Giungono numerose cellule muscolari lisce capaci di attività fibrogenica

**Fase 4**

- Proliferazione delle cellule muscolari fibrogeniche
- Deposizione di collagene, matrice e lipidi extra-cellulari rispetto alle capacità di fagocitosi

*Figura 38.8. Aterosclerosi: lesione elementare*

- Le cellule della tunica intima delle arterie spesso mostrano markers di attivazione di funzioni critiche nello sviluppo della lesione
- I macrofagi esprimono il fattore pro-coagulante tissutale che favorisce la trombosi.
- Le cellule muscolari lisce intimali esprimono l'antigene di istocompatibilità HLA-DR, che normalmente manca

**38.2.16. COMPLICANZE DELLE LESIONI ATEROSCLEROTICHE**

☞ La lesione aterosclerotica, non complicata, solitamente non dà segno clinico di sé, a meno che non raggiunga dimensioni tali da ostruire il lume del vaso in modo significativo. Quest'ultimo caso costituisce l'eccezione e non la regola

- anche lesioni che non provocano direttamente ostruzione delle arterie sono in grado di indurre la trombosi con ostruzione secondaria
  - trombi a livello coronarico sub-occlusivi od evanescenti possono far precipitare episodi di **angina instabile**
  - se il coagulo diventa ostruttivo e persiste, si può avere infarto acuto

**38.2.17. ALTERAZIONI CELLULARI E COMPLICANZE**

☞ In aggiunta alla lesione aterosclerotica sopra descritta, la presenza di fattori di rischio (fumo, dislipidemia, ipertensione) può causare alterazioni funzionali delle cellule endoteliali anche quando queste appaiano morfologicamente indenni

Es.:

- in condizioni normali l'acetilcolina, agendo sulle cellule endoteliali, stimola la vasodilatazione arteriolare
- in presenza di una "disfunzione endoteliale", l'acetilcolina determina vasocostrizione

Questo effetto paradossale può contribuire, a livello coronarico, alla genesi della sindrome coronarica acuta

### 38.2.18. MACROFAGI E FORMAZIONE DELL'ATEROMA

- ☞ I monociti ematici richiamati nell'ateroma nascente si imbibiscono di lipidi e si trasformano in macrofagi  
I macrofagi carichi di lipidi, chiamati cellule schiumose, hanno un ruolo importante nella formazione dell'ateroma nascente

---

- ☞ In risposta al carico di lipidi i macrofagi possono produrre apo-lipoproteina-E (apo-E)  
Questa proteina va a costituire lipo-proteine ad alta densità (*high density lipoprotein*, HDL) e indirizza il colesterolo in esse contenuto (colesterolo "buono") al catabolismo periferico  
In questo modo un prodotto dei macrofagi può promuovere un efflusso di colesterolo dalla lesione

---

- ☞ I macrofagi, o perché sovraccarichi di lipidi o in risposta a segnali infiammatori, possono morire all'interno della lesione  
Le cellule schiumose danneggiate in modo irreparabile rilasciano il loro contenuto, dando origine alla porzione centrale della lesione conosciuta come *core* necrotico, che è altamente trombogenica se entra in contatto con il sangue

### 38.2.19. MACROFAGI ED EVOLUZIONE DELL'ATEROMA

- ☞ I macrofagi possono elaborare fattori di crescita, un'ampia serie di citochine, sostanze pro-coagulanti incluso il fattore pro-coagulante tissutale ed enzimi che possono contribuire al rimodellamento vascolare e all'instabilità della placca  
Molte di queste funzioni macrofagiche a loro volta dipendono dalle citochine rilasciate dalle cellule vicine
  - Es.: le cellule endoteliali e le cellule muscolari lisce nell'ateroma secernono molecole attivanti o stimolanti la crescita dei macrofagi come il *macrophage colony stimulating factor* (M-CSF)
 Questo tipo di scambio di segnali tra cellule vicine costituisce un tipico esempio di controllo paracrino

### 38.2.20. SCAMBIO DI MEDIATORI TRA LE CELLULE DELLA LESIONE DURANTE L'ATEROGENESI

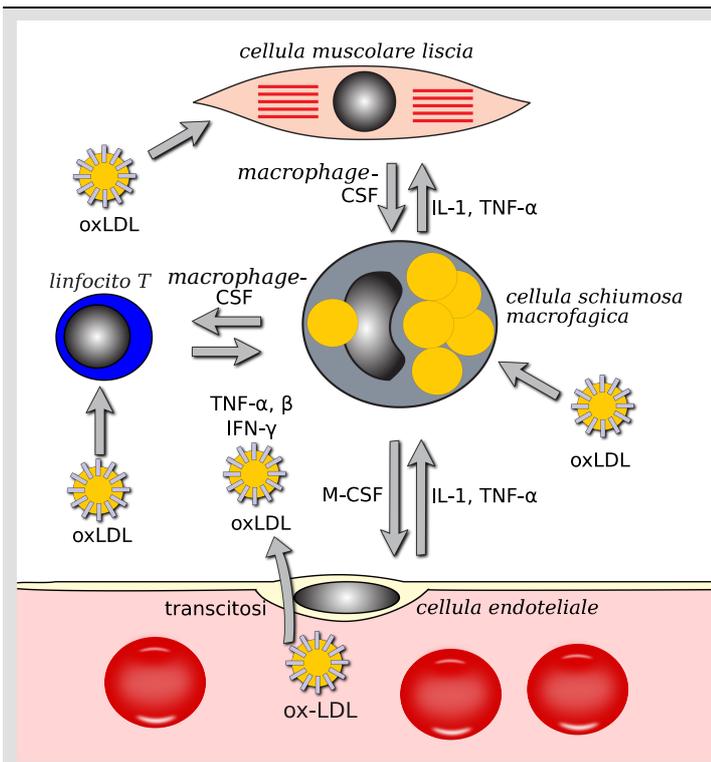


Figura 38.9. Aterosclerosi: mediatori cellulari

CSF: colony stimulating factor, fattore stimolante le colonie; IL: interleuchina; TNF: tumour necrosis factor; IFN: interferone; oxLDL: lipo-proteine a bassa densità ossidate

- Stimoli presenti nell'ateroma come le lipo-proteine ossidate (ox-LDL) possono evocare l'espressione da parte di cellule vascolari e di linfociti di vari mediatori
- Solo alcuni mediatori ed alcune possibili vie sono indicate nello schema

### 38.2.21. LINFOCITI

☞ L'infiammazione in corso nell'ateroma include una componente immunitaria dato che le cellule T appaiono cronicamente attivate come se avessero trovato nella lesione l'antigene corrispondente

Queste cellule T elaborano l'interferone- $\gamma$  (IFN- $\gamma$ ) che rappresenta un indicatore della loro attivazione

Gli antigeni che possono stimolare le cellule T negli ateromi non sono ancora stati identificati con certezza, anche se validi candidati sono le lipo-proteine modificate e le *heat shock proteins*

### 38.2.22. MEDIATORI DELLA FIBROSI

☞ A mano a mano che l'ateroma evolve dalle strie lipidiche iniziali ricche di cellule schiumose in lesioni più fibrose, divengono più prominenti l'accumulo di cellule muscolari lisce e la sintesi di matrice extra-cellulare

I mediatori rilasciati sia dai macrofagi che dai linfociti influenzano la funzione delle cellule muscolari lisce che sono in grado di differenziarsi in cellule secernenti fibre e matrice extra-cellulare

☞ Tra i mediatori ha un ruolo importante il *platelet-derived growth factor* (PDGF)

Questa proteina stimola la migrazione e la proliferazione delle cellule muscolari lisce vascolari, e la sintesi da parte di queste ultime di costituenti della matrice extra-cellulare

Deve il suo nome alle piastrine dove è stata individuata per la prima volta, ma può essere prodotta anche dalle cellule della parete dei vasi ed anche i macrofagi stessi sono in grado di produrne una forma particolare

Anche le cellule muscolari lisce sono in grado di sintetizzare una isoforma di PDGF

Questa modalità di produzione di un mediatore che agisce sulla medesima cellula che lo ha prodotto si chiama controllo autocrino

## 38.3. Formazione di una lesione avanzata, complicata

### 38.3.1. PLACCHE FIBROSI INSTABILI

☞ La rottura o l'ulcerazione della placca fibrosa può condurre rapidamente a trombosi

Di solito avviene in siti di assottigliamento della capsula fibrosa dovuto a continuo arrivo ed attivazione di macrofagi che rilasciano metallo-proteinasi ed altri enzimi *in loco*

Gli enzimi causano degradazione della matrice che può condurre ad emorragia dai *vasa vasorum* o dal lume dell'arteria con conseguente formazione di trombo ed occlusione dell'arteria

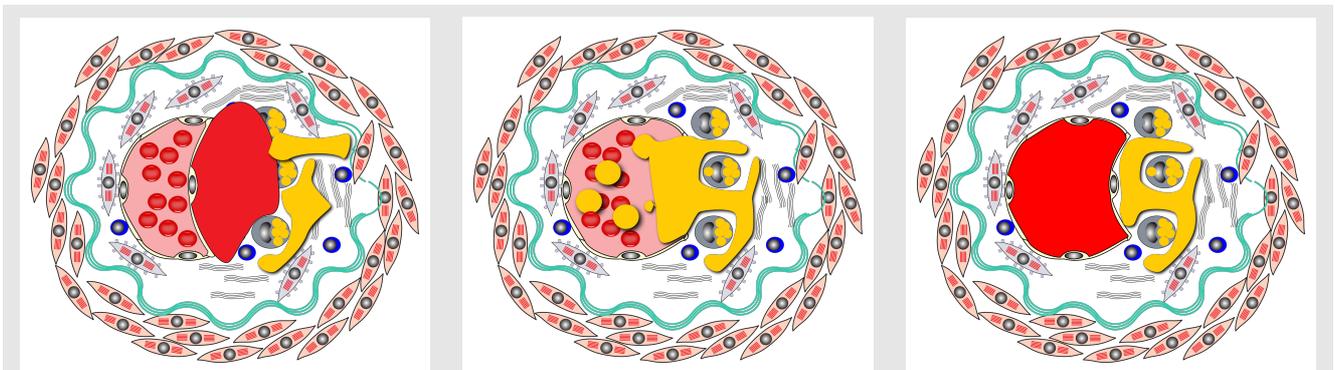


Figura 38.10. Ateroma: emorragia intra-placca

Figura 38.11. Ateroma: ulcerazione

Figura 38.12. Ateroma: trombo

### 38.3.2. ASPETTO ISTOLOGICO DI LESIONI ATEROSCLEROTICHE COMPLICATE

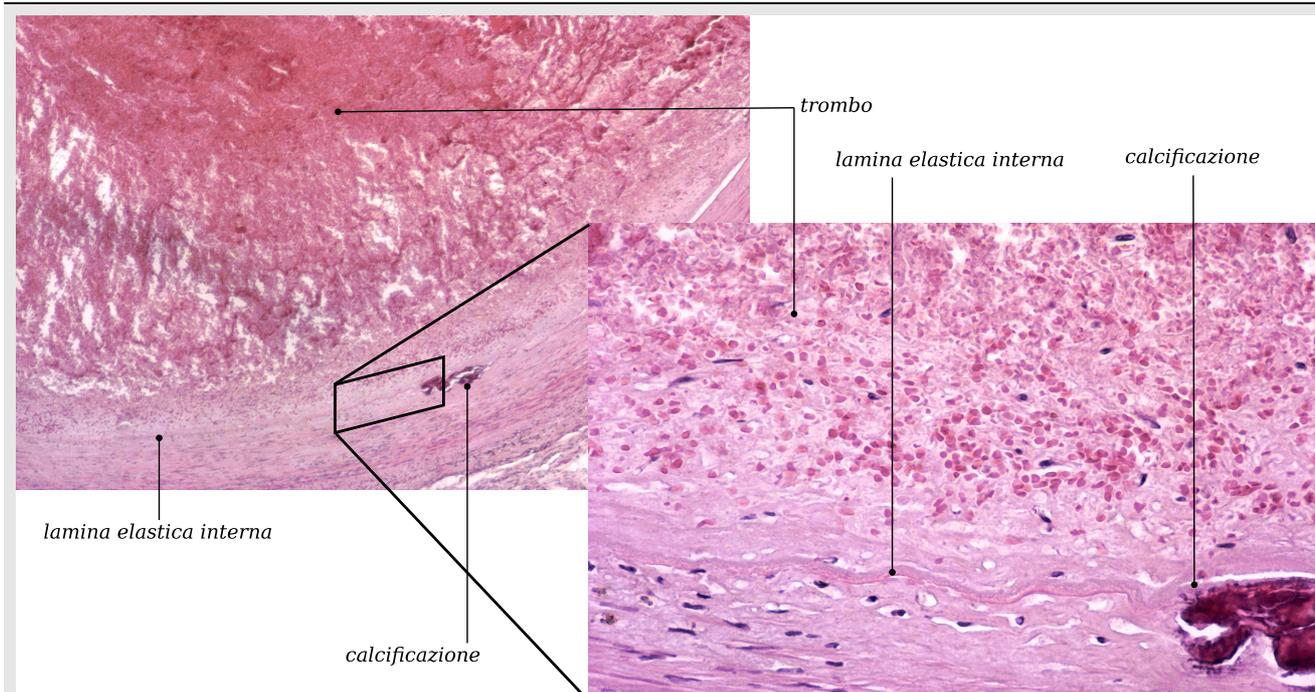


Figura 38.13. Arteria poplitea: aterosclerosi con calcificazione e trombosi

Dalla collezione Eugenio Bonetti, Istituto di Patologia generale dell'Università di Bologna

### 38.4. Lipo-proteine e progressione dell'aterosclerosi

 La gravità e la precocità delle lesioni aterosclerotiche sono legate all'assetto lipidico, ed in particolar al livello di colesterolo in lipo-proteine a bassa densità (LDL)

Il trattamento farmacologico di pazienti predisposti all'aterosclerosi precoce con agenti ipo-lipidemici riduce i rischi di malattia ischemica coronarica ed allunga la sopravvivenza

Tabella 38.1. Dislipoproteinemie e loro associazione con l'aterosclerosi

difetti delle apo-lipoproteine	aspetti clinici	aterosclerosi
deficienza di Apo A1	assenza di HDL	grave
varianti di Apo A1	ridotte HDL	variabile
a $\beta$ -lipoproteinemia (ApoB-100 + -48)	ataxia, malassorbimento, anemia emolitica, disturbi della vista	assente
assenza di ApoB-100	ataxia moderata, malassorbimento	assente
assenza di ApoCII	iper-lipidemia di tipo 1: iper-trigliceridemia grave	variabile
<b>difetti enzimatici</b>		
deficienza di lipoprotein lipasi	dislipidemia di tipo I: iper-trigliceridemia	minima
deficienza di lipasi epatica	elevazione delle IDL e HDL	severa
deficienza di lecitina:colesterolo acil transf.	opacità corneali, iper-trigliceridemia moderata, ridotte HDL	variabile
<b>deficienza di recettore</b>		
iper-colesterolemia familiare	dislipidemia di tipo II: elevazione grave delle LDL	prematura, grave

### 38.4.1. EFFETTI NEGATIVI DELL'OMOCISTEINA

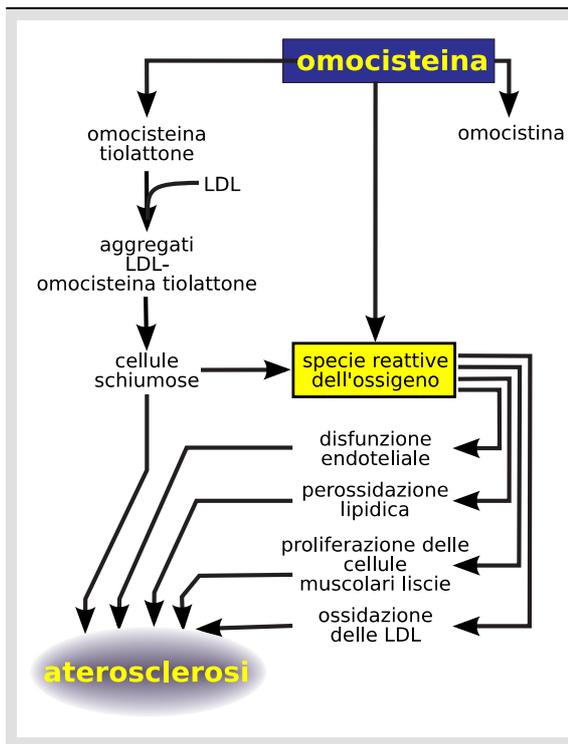


Figura 38.14. Omocisteina ed aterosclerosi

Liberamente tratto da Ross (1999)

- L'omocisteina è un amminoacido presente nel plasma
- Studi epidemiologici hanno dimostrato che un eccesso di omocisteina rappresenta un fattore di rischio
- Gli effetti avversi che sono stati imputati all'omocisteina implicano un danno ossidativo alle cellule endoteliali, ed una aumentata proliferazione delle cellule muscolari lisce dopo metabolismo dell'omocisteina ad omocistina ed omocistina-tiolattone
- Le modificazioni ossidative delle lipo-proteine a bassa densità (LDL) promuovono la formazione delle cellule schiumose, che a loro volta producono altre forme reattive dell'ossigeno

### 38.5. Principali fonti utilizzate

Cotran, R.S., Kumar, V., Collins, T. (1999) *Robbins pathologic basis of disease*. VI ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia

Libby, P. (2008) *Inflammation in atherosclerosis*. *Nature* 420, 868-874

Quehenberger, O., Armando, A.M., Brown, A.H., Stephen B. Milne, S.B., Myers, D.S., Alfred H. Merrill, A.H., Bandyopadhyay, S., Jones, K.N., Kelly, S., Shaner, R.L., Sullards, C.M., Wang, E., Murphy, R.C., Barkley, R.M., Leiker, T.J., Raetz, C.R.H., Guan, Z., Laird, G.M., Six, D.A., Russell, D.W., McDonald, J.G., Subramaniam, S., Fahy, E., Dennis, E.A. (2010) *Lipidomics reveals a remarkable diversity of lipids in human plasma*. *J. Lipid. Res.* 51, 3299-3305

Quehenberger, O., Dennis, E.A. (2011) *The Human Plasma Lipidome*. *N. Engl. J. Med.* 365, 1812-1823

Ross, R. (1999) *Atherosclerosis. an inflammatory disease*. *N. Engl. J. Med.* 340, 115-126

Rubin, R., Stryer, D.S. (2005) *Rubin's Pathology: clinicopathologic foundations of medicine*. V ed. Lippincott, Philadelphia

Smith, C.M., Marks, A.D., Lieberman, M.A. (2005) *Marks' Basic Medical Biochemistry*. II ed. Lippincott Philadelphia

#### Siti web

[library.med.utah.edu/WebPath](http://library.med.utah.edu/WebPath)

visitato il 01/12/2009

accessibile il 25/06/2013

