

## Che cos'è un tessuto

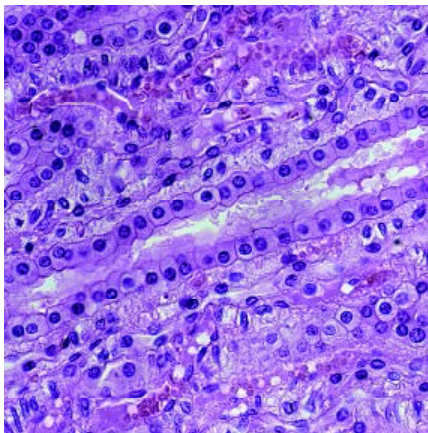
Un tessuto è un raggruppamento di cellule aventi forma struttura e funzioni simili, tenute insieme da una sostanza intercellulare più o meno abbondante e di composizione e consistenza variabile da tessuto a tessuto. I principali tessuti sono:

- tessuto epiteliale;
- tessuto connettivale;
- tessuto muscolare;
- tessuto nervoso.

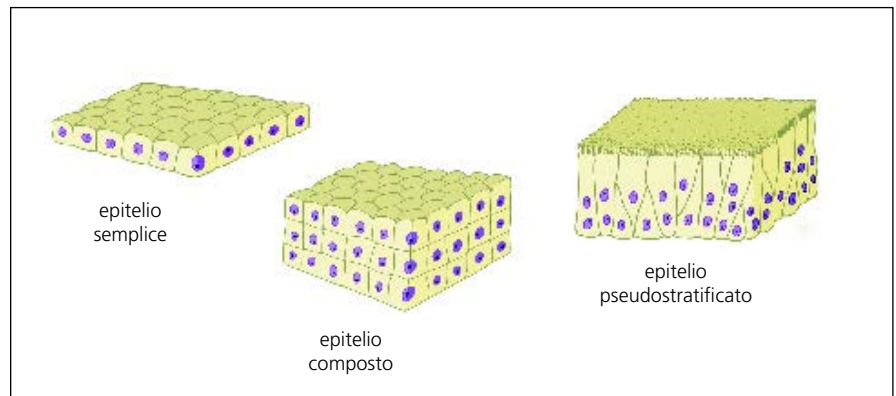
## Tessuto epiteliale

È costituito da **cellule** strettamente addossate tra loro, per cui gli **spazi extracellulari** sono estremamente **ridotti**.

Negli epiteli le cellule sono tenute insieme per mezzo di particolari modificazioni delle membrane di cellule adiacenti, che possono incastrarsi l'una nell'altra saldando strettamente tra loro le cellule epiteliali. Sono spesso presenti strutture di collegamento particolari, che formano, nell'insieme, il complesso giunzionale. Distinguiamo **epiteli di rivestimento**, che rivestono le superfici corporee (con funzione protettiva, assorbente ecc.), **epiteli ghiandolari** (a funzione secretiva), **epiteli sensoriali** (come i recettori gustativi e quelli olfattivi).



**Figura 1** – Tessuto epiteliale.



**Figura 2** – Epiteli di rivestimento con uno o più strati di cellule.

L'epitelio poggia sempre sul tessuto connettivo sottostante che lo sostiene e lo nutre: a esso, infatti, si fissa, mediante l'interposizione della **membrana basale** (uno straterello denso a composizione complessa), attraverso la quale, inoltre, diffondono le sostanze nutritive, che giungono all'epitelio dai vasi sanguigni del connettivo, essendo l'epitelio privo di vasi propri (per la scarsità dello spazio extracellulare).

## Epiteli di rivestimento

Gli epiteli di rivestimento possono essere distinti, in base al numero di strati di cellule, in (Figura 2):

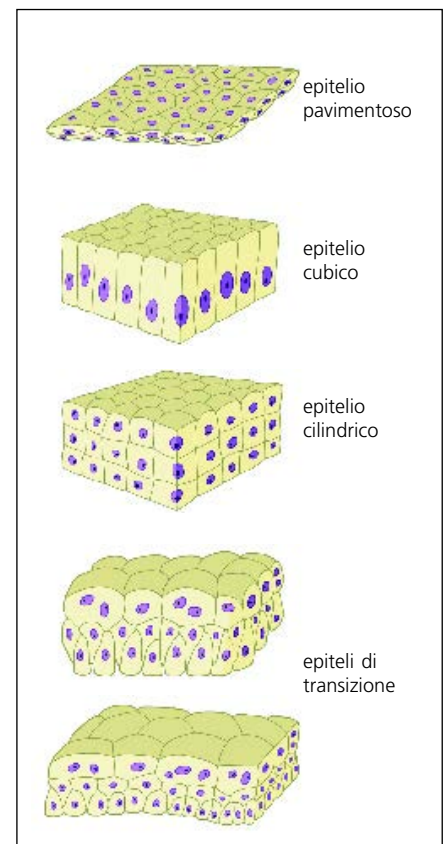
- **epitelio semplice** o **monostratificato**, costituito da un solo strato di cellule;
- **epitelio composto** o **pluristratificato**, costituito da più strati di cellule;
- **epitelio pseudostratificato** o **a più file di nuclei**, costituito da un solo strato di cellule, che hanno però i nuclei disposti ad altezze diverse del corpo cellulare, simulando così vari strati cellulari.

In base alla forma delle cellule distinguiamo (Figura 3):

- **epiteli pavimentosi** o **squamosi**, a cellule appiattite;
- **epiteli prismatici**, costituiti da cellule di forma prismatica; compren-

dono l'epitelio cubico e l'epitelio cilindrico, a cellule più allungate;

- **epitelio di transizione**, costituito da cellule che modificano la loro forma in relazione allo stato di distensione dell'organo che rivestono.



**Figura 3** – Forme degli epiteli di rivestimento.

## Funzioni degli epiteli di rivestimen-

**to.** Gli epiteli di rivestimento rivestono la superficie esterna del corpo (l'epidermide, strato più superficiale della pelle), la superficie interna degli organi cavi, comunicanti con l'esterno (di cui costituiscono la tonaca mucosa), la superficie interna dei vasi sanguigni, dei quali costituiscono l'endotelio, la superficie interna delle grandi cavità corporee e la superficie esterna degli organi in esse contenuti (costituendo il mesotelio, rivestimento epiteliale delle membrane sierose: pleura, pericardio e peritoneo).

Le caratteristiche strutturali e funzionali delle singole cellule che compongono un epitelio di rivestimento, la loro disposizione (in uno o più strati) e la sede in cui l'epitelio è localizzato sono gli elementi che condizionano le funzioni che ogni tipo di epitelio di rivestimento può svolgere.

**1) Protezione meccanica** dagli urti, da forze meccaniche potenzialmente lesive: funzione tipica degli epiteli pluristratificati, come l'epidermide (epitelio pavimentoso stratificato corneificato); protezione da forze di attrito (quindi riduzione del possibile attrito): funzione tipica delle cellule appiattite e levigate costituenti le membrane sierose, che rivestono la superficie interna delle grandi cavità naturali del nostro organismo (addominale, toracica e pericardica) e la superficie esterna degli organi in esse contenuti; questo particolare epitelio, estremamente sottile e levigato, detto mesotelio, permette di evitare attriti tra gli organi e le pareti delle cavità durante i movimenti corporei, grazie anche alla presenza di un sottile velo di liquido sieroso che esso secerne.

**2) Funzione di barriera:** a) contro la perdita di liquidi (disidratazione): l'epi-



**Figura 4** – L'epidermide svolge una funzione di protezione meccanica.

dermide è impermeabile all'acqua e impedisce che i liquidi corporei vengano persi per evaporazione; ustioni gravi ed estese (Figura 5) portano a disidratazione proprio perché viene distrutta questa barriera; b) contro la penetrazione dei germi: l'epidermide e le mucose degli organi cavi sono "a contatto" con l'ambiente esterno e i microrganismi in esso presenti; tuttavia, questi epiteli formano una barriera continua di cellule, priva di interruzioni, che impedisce la penetrazione dei germi.



**Figura 5** – Un'ustione danneggia gli strati superficiali della pelle, favorendo la penetrazione di germi che creano un'infezione locale (viene persa la funzione barriera della pelle).

**3) Funzione assorbente:** alcuni epiteli, monostratificati (quindi facilmente attraversabili), sono costituiti da cellule aventi strutture particolari, che permettono loro di assorbire materiali presenti nella cavità degli organi cavi cui appartengono e riversarli nel torrente sanguigno; tali sono l'epitelio cilindrico semplice dell'intestino tenue, costituito da cellule con "orletto a spazzola" dotate di ripiegature della membrana dette microvilli, che aumentano la superficie assorbente, e l'epitelio dei tubuli renali.



**Figura 6** – Epitelio cilindrico semplice dei villi intestinali, dotato di orletto a spazzola (microvilli).



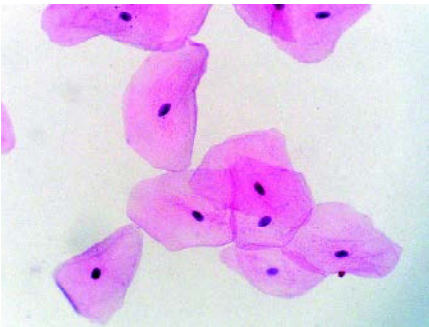
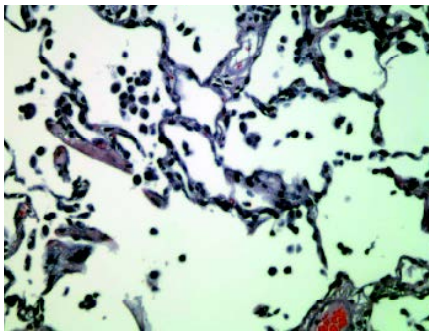
## Esempi di epitelio di rivestimento

Nel corpo umano possiamo ritrovare i seguenti tipi di epiteli.

### 1) Epitelio pavimentoso (o squamoso)

– *Semplice o monostratificato*: costituito da un solo strato di cellule appiattite, strettamente connesse tra loro, con un nucleo centrale ovalare. Ne sono esempi, l'epitelio degli alveoli polmonari, il mesotelio (epitelio che riveste le membrane sierose delle grandi cavità corporee, pleure, pericardio e peritoneo), l'endotelio, che tappezza la superficie interna dei vasi e delle cavità cardiache, l'epitelio che riveste (esternamente) i glomeruli renali.

*Funzioni*: un epitelio così sottile non pone ostacoli alla diffusione passiva di gas e liquidi (ossigeno, anidride carbonica, acqua); permette perciò scambi di sostanze (a livello degli alveoli polmonari, dei capillari sanguigni, dei glomeruli renali). I mesoteli, per la loro superficie estremamente levigata e per l'interposizione del sottile velo di liquido sieroso che secernono, per-



**Figura 7** – Qui sopra, due esempi di epitelio semplice squamoso.

**Figura 8** – In alto, epitelio pavimentoso composto cheratinizzato. In basso, non cheratinizzato.

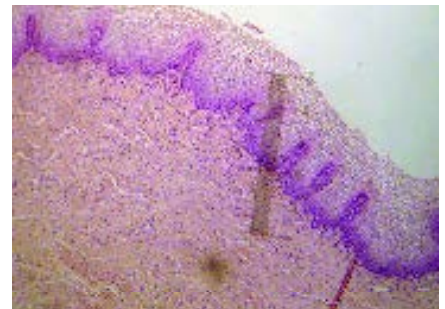
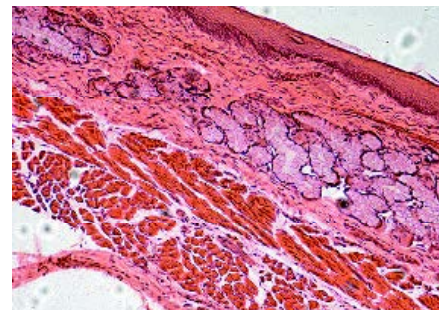
mettono lo scorrimento reciproco delle superfici che rivestono (ad esempio, la superficie esterna del polmone sulla superficie interna della gabbia toracica) senza generare attrito. L'endotelio dei vasi sanguigni, sottile e liscio, consente al sangue di scorrere con poco attrito contro la parete del vaso.

– *Composto o pluristratificato*: costituito da più strati cellulari sovrapposti. Gli strati profondi (basali) sono formati da cellule attivamente proliferanti, di forma cubica o cilindrica; portandosi in superficie, le cellule si appiattiscono e subiscono profonde modificazioni regressive. Gli elementi cellulari superficiali vengono eliminati per desquamazione. Le cellule morte che si distaccano dallo strato superficiale vengono continuamente rimpiazzate, grazie all'attiva proliferazione degli strati basali.

Questo epitelio può essere suddiviso ulteriormente in:

- *epitelio pavimentoso composto cheratinizzato o corneo*, nel quale le cellule, portandosi in superficie, perdono il nucleo e accumulano progressivamente nel citoplasma una scleroproteina, la cheratina, fino a trasformarsi in squamette cornee, che conferiscono una certa resistenza del tessuto ai traumatismi. Tipico esempio è l'epidermide;
- *epitelio pavimentoso composto non cheratinizzato*: non produce la cheratina e quindi mancano le squamette cornee superficiali: è meno resistente ma più levigato del corneo. Ne sono esempi la mucosa del cavo orale, dell'esofago, della vagina.

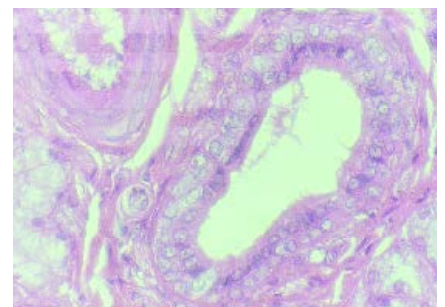
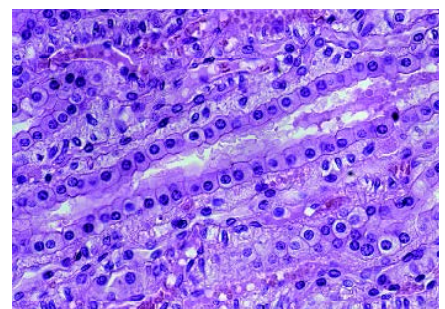
**Figura 9** – A destra in alto, epitelio cubico semplice, costituito da un solo strato di cellule di forma cubica (tubuli renali). Sotto, epitelio cubico composto.

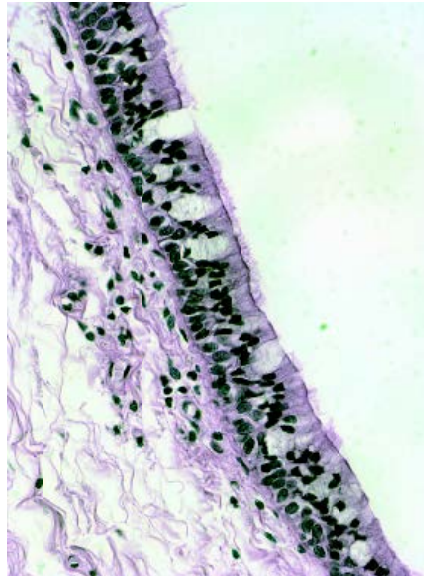
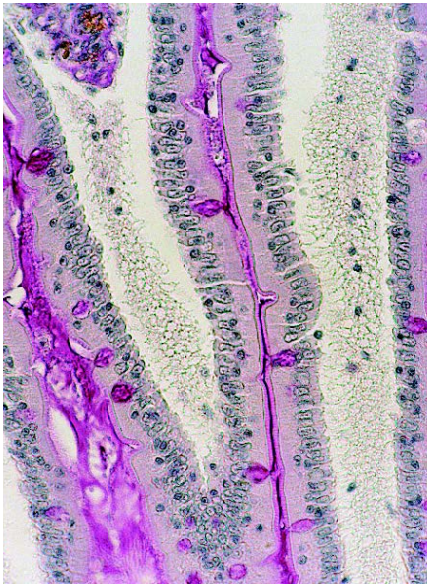


### 2) Epitelio cubico (o isoprismatico)

– *Semplice*: un solo strato di cellule cubiche con nucleo centrale. Esempi: epitelio dei tubuli renali, dotti escretori delle ghiandole esocrine ecc.

– *Composto*: è raro, costituito da più strati di cellule, di cui il più superficiale è cubico. Esempio: dotti escretori delle ghiandole sudoripare;





**Figura 10** – A sinistra, epitelio cilindrico semplice. A destra, epitelio cilindrico pseudo stratificato. I nuclei delle cellule di quest'ultimo sono disposti su più file, simulando un epitelio stratificato.

### 3) Epitelio cilindrico o batiprismatico

Viene distinto in semplice, pseudostratificato (a più file di nuclei) e composto (raro e difficilmente distinguibile dallo pseudostratificato).

– *Semplice*: costituito da cellule cilindriche disposte parallelamente su un unico strato, strettamente addossate, con l'asse maggiore perpendicolare alla membrana basale su cui si appoggiano.

Il nucleo è situato nella porzione basale delle cellule. La porzione apicale di queste cellule può presentare strutture specializzate, come ad esempio i microvilli (o orletto a spazzola) dell'epitelio intestinale, che aumentano la superficie di contatto con i materiali alimentari (favorendone l'assorbimento), o le ciglia della mucosa delle tube uterine (che, muovendosi ritmicamente, permettono di portare gli oociti verso l'utero, per la fecondazione): queste strutture conferiscono all'epitelio specifiche funzioni, oltre alla quella protettiva di tutti gli epiteli. Spesso tra le cellule epiteliali di rivestimento (cilindriche) sono interposte cellule ghiandolari, dette cellule mucipare caliciformi (a forma di calice) che pro-

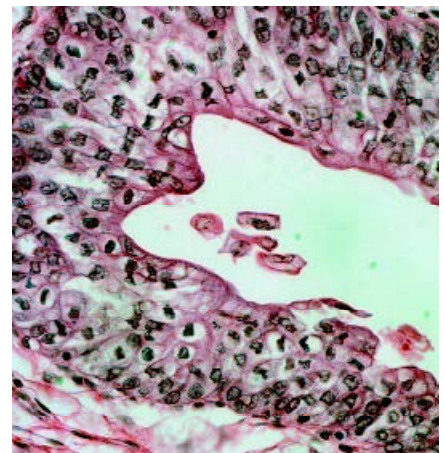
ducono mucina. Esempi di epiteli cilindrici semplici: mucosa dello stomaco; dell'intestino (con orletto a spazzola); delle tube uterine (ciliato); dei bronchi di piccolo calibro (ciliato).

– *Pseudostratificato* (a più file di nuclei): è costituito da un solo strato di cellule cilindriche che poggiano tutte sulla membrana basale; non tutte le cellule, però, raggiungono la superficie dell'epitelio. I nuclei sono disposti a varia altezza, simulando un epitelio pluristratificato. Esempio: l'epitelio delle vie respiratorie (dal naso ai bronchi), cilindrico pseudostratificato ciliato. Presenta anch'esso cellule mucipare caliciformi intercalate tra le altre cellule.

### 4) Epitelio di transizione

È un epitelio pluristratificato, caratteristico delle vie urinarie (vescica, ureteri, parte iniziale dell'uretra), così detto perché il suo aspetto si modifica a seconda dello stato di contrazione o distensione dell'organo che riveste internamente.

Quando l'organo è contratto (perché vuoto), le cellule epiteliali si dispongono su molti strati: le più superficiali



**Figura 11** – Epitelio di transizione. Tipico delle vie urinarie, cambia forma a seconda del grado di distensione dell'organo.

hanno forma globosa e poggiano su uno strato intermedio, costituito da vari piani di cellule alte a forma di clava, disposte a loro volta su uno strato basale di cellule a forma conica. Quando l'organo si riempie di urina e la parete muscolare si rilassa, aumenta la superficie che l'epitelio deve rivestire; le cellule perciò si dispongono su due soli strati: uno basale a cellule cubiche e uno superficiale a cellule appiattite.



### Epiteli ghiandolari

Gli epiteli ghiandolari sono costituiti da cellule che producono e secernono (cioè rilasciano all'esterno della cellula) determinate sostanze, dette genericamente **secreti**. Queste cellule possono essere sparse tra altri tipi di cellule o raggruppate a formare dei veri e propri organi, detti **ghiandole**.

Se definiamo "ghiandola" qualunque struttura che produce e secerne una sostanza specifica, le ghiandole possono essere suddivise in due gruppi:

- **ghiandole unicellulari**;
- **ghiandole pluricellulari** (ghiandole vere e proprie).

In base al destino del secreto, le ghiandole possono essere suddivise in:

- **ghiandole esocrine** (o "a secrezione esterna"), che riversano il loro secreto all'esterno del corpo umano o nel lume di organi cavi, direttamente o per mezzo di dotti escretori, costituiti da cellule epiteliali di rivestimento;
- **ghiandole endocrine** (o "a secrezione interna"), che riversano il loro

secreto, detto **ormone**, nei vasi sanguigni.

Esempi di ghiandole esocrine sono le cellule mucipare caliciformi (sono ghiandole unicellulari); ghiandole esocrine vere e proprie (cioè pluricellulari) sono le ghiandole sudoripare, sebacee, salivari, gastriche, intestinali, il pancreas esocrino ecc.

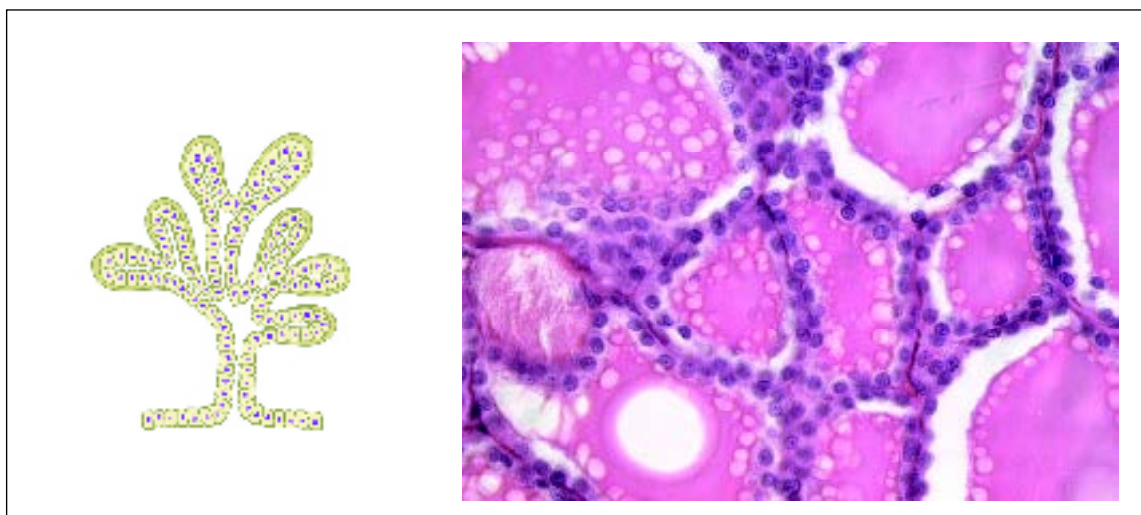
Tra le ghiandole endocrine ricordiamo l'ipofisi, la tiroide, le paratiroidi, il surrene, le isole di Langerhans del pancreas (pancreas endocrino), le cellule interstiziali di Leydig nel testicolo (che producono gli ormoni androgeni) ecc.

Le ghiandole endocrine non hanno dotti escretori, ma riversano il loro secreto, l'ormone, direttamente nei vasi sanguigni, attraverso i quali esso raggiunge le "cellule bersaglio", cioè le cellule sulle quali deve esplicare la sua azione. Pertanto le cellule ghiandolari endocrine sono riccamente vascolarizzate, circondate da moltissimi capillari sanguigni, più o meno ampi.

Le cellule endocrine possono essere isolate, sparse tra cellule di altri tessuti (come nel caso delle cellule interstiziali di Leydig, nel testicolo), oppure raggruppate a formare dei noduli, dei cordoni o delle reti cellulari, oppure, ancora, dei follicoli, vescicolette sferoidali, internamente cave e riempite di liquido, tappezzate da una parete costituita da cellule ghiandolari.

Le ghiandole esocrine pluricellulari presentano un'organizzazione strutturale più o meno complessa. Si può sempre distinguere una parte secernente, che produce il secreto ghiandolare, e una parte escrettrice, o dotto escretore, che convoglia tale secreto all'esterno (alla superficie cutanea o nel lume degli organi cavi).

La parte secernente è costituita da uno o più raggruppamenti di cellule epiteliali ghiandolari, detti **adenomeri**. La parte escrettrice è rappresentata da uno o più dotti escretori, più o meno lunghi e ramificati, costituiti da cellule epiteliali di rivestimento (non secernenti).



**Figura 12** – Ghiandole esocrine ed endocrine a confronto: nelle ghiandole esocrine il secreto si riversa all'esterno o nella cavità di un organo collegato all'esterno (figura di sinistra), mentre in quelle endocrine il secreto (detto ormone) viene versato all'interno dei vasi sanguigni (a destra, una sezione della tiroide).

### Classificazione delle ghiandole esocrine

Le ghiandole esocrine vengono classificate in base alla **forma degli adenomeri** in:

– **ghiandole tubulari**, nelle quali l'epitelio secernente si dispone a formare delle strutture tubulari;

– **ghiandole acinose**, nelle quali le cellule si dispongono a formare un adenomero sferico, con lume centrale ridotto, connesso con un dotto escretore.

Se la cavità (lume) centrale è ampia e le cellule ghiandolari sono appiattite, si parla di **ghiandole alveolari**

per la somiglianza con gli alveoli polmonari;

– **ghiandole tubulo-acinose** (o **tubulo-alveolari**), nelle quali gli adenomeri hanno una forma tubulare irregolare, presentando, soprattutto all'estremità, dilatazioni ampollari; l'aspetto morfologico è perciò intermedio tra quello delle ghiandole tubulari e delle acinose (o alveolari).

In base all'organizzazione dei dotti escretori, le ghiandole esocrine vengono poi suddivise in:

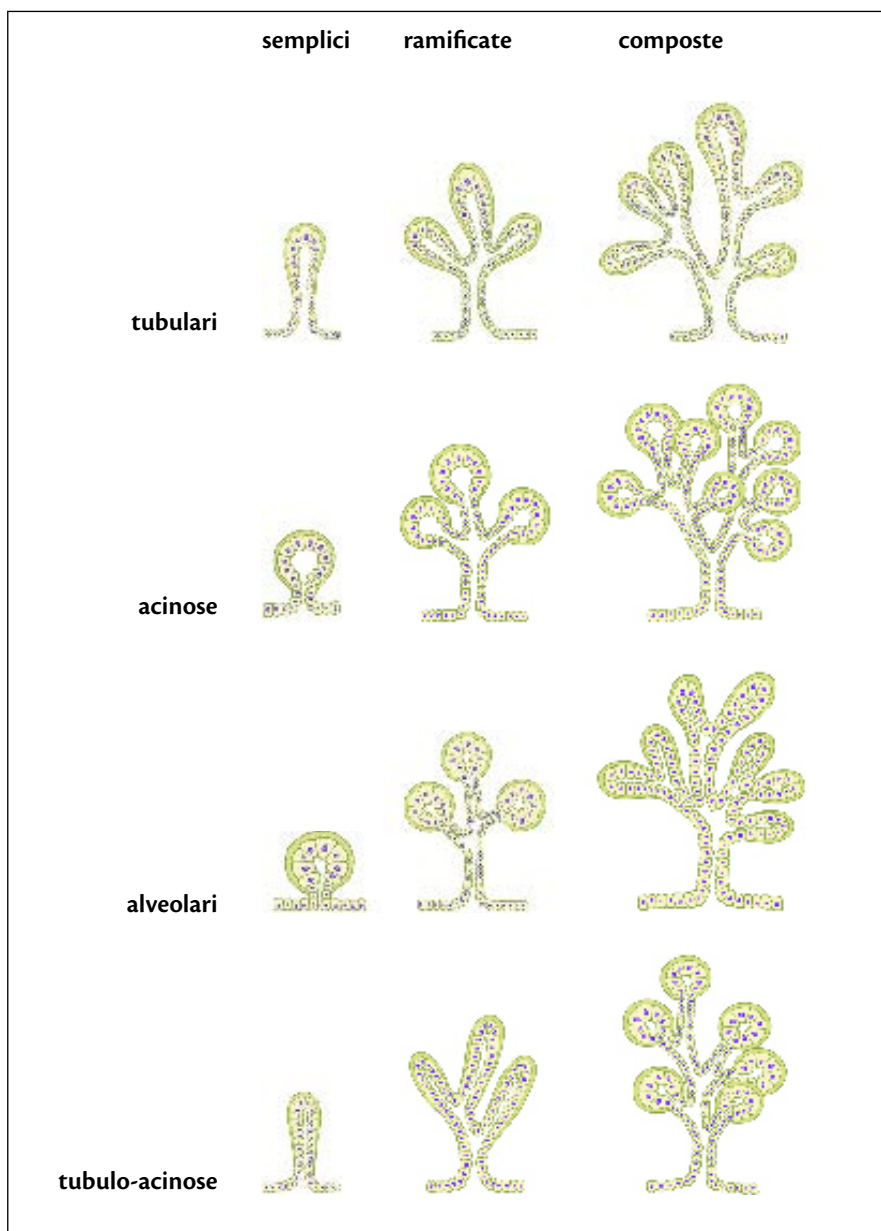
– **ghiandole semplici**, prive di un vero dotto escretore o provviste di un breve dotto escretore, non ramificato, connesso a un solo adenomero;

– **ghiandole ramificate**, il dotto escretore riceve il secreto di più adenomeri;

– **ghiandole composte**, provviste di dotti escretori suddivisi in rami di calibro sempre minore, ciascuno dei quali è connesso, all'estremità, con gruppi di adenomeri variamente aggregati.

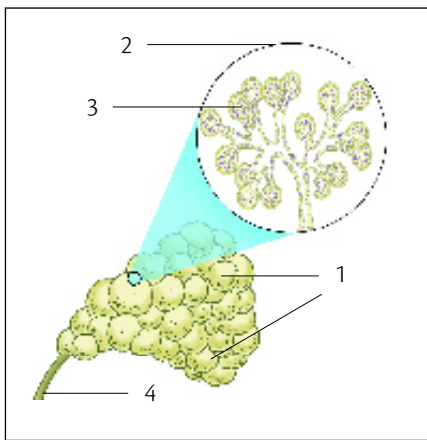
In genere sono contenute in una capsula di tessuto connettivo, dalla quale si dipartono dei setti fibrosi diretti verso l'interno della ghiandola, che suddividono il tessuto ghiandolare in lobi e poi in lobuli.

Il dotto escretore principale di una ghiandola composta si divide in alcuni rami principali (detti rami lobari) che raccolgono il secreto di tutto il tessuto ghiandolare del lobo; questi rami si suddividono ulteriormente in rami lobulari che si distribuiscono ai lobuli; i rami di più piccolo calibro, infine, si connettono ciascuno a uno o alcuni adenomeri.



**Figura 13** Combinando i due criteri di classificazione (forma degli adenomeri e organizzazione dei dotti escretori) si ottengono i diversi tipi di ghiandole (esocrine) della figura.

Le unità anatomo-funzionali delle ghiandole composte, in ordine crescente di dimensione, sono pertanto: l'**adenomero**, connesso con un sottile dotto escretore; il **lobulo** (spesso circoscritto da sottili tralci fibrosi), costituito da diversi adenomeri i cui dotti confluiscono in un unico dotto lobulare; il **lobo** (circoscritto da setti fibrosi più spessi), che comprende tutti i lobuli connessi a un grosso **dotto lobare**.



**Figura 14** - Rappresentazione schematica della ghiandola parotide, divisa in lobi (1), composti da lobuli (2) a loro volta costituiti da adenomeri (3), il cui secreto converge nel dotto di Stenone (4).

Se consideriamo insieme tutte le classificazioni sopra esposte, nell'organismo umano si riscontrano i seguenti tipi di ghiandole esocrine:

- **ghiandole unicellulari**, ad esempio le cellule mucipare caliciformi;
- **ghiandole pluricellulari**, a loro volta distinte in:
  - *tubulari semplici*, ad esempio le ghiandole intestinali (di Galeazzi-Lieberkühn); una variante di questo tipo sono le ghiandole glomerulari semplici, rappresentate nel nostro organismo dalle ghiandole sudoripare, dette glomerulari o "a gomito" perché costituite da un lungo adenomero raggomitato, connesso con un dotto escretore privo di ramificazioni;

- *tubulari ramificate*, come ghiandole gastriche;
- *tubulari composte*;
- *tubulo-alveolari* (o tubulo-acinose) composte;
- *acinose e alveolari semplici*, ramificate e composte.

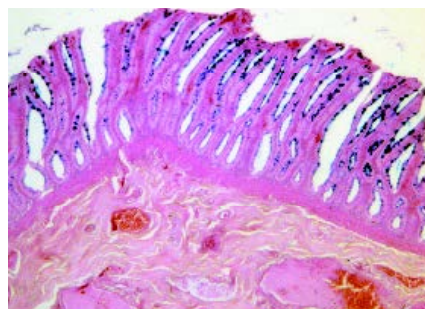
Infine, un'ultima classificazione considera le modalità di secrezione delle ghiandole esocrine, distinguendole in:

- **ghiandole olocrine**, il cui secreto si forma a spese dell'intero corpo cellulare di alcune delle cellule costituenti l'adenomero; come esempio ricordiamo le ghiandole sebacee;
- **ghiandole apocrine**, il cui secreto deriva dalla porzione apicale del citoplasma delle cellule ghiandolari; ad esempio la ghiandola mammaria;
- **ghiandole merocrine**, in cui il secreto si forma senza perdita apparente di citoplasma. Quasi tutte le ghiandole sono di questo tipo.

In base al tipo di secreto, le ghiandole merocrine possono essere a loro volta suddivise in:

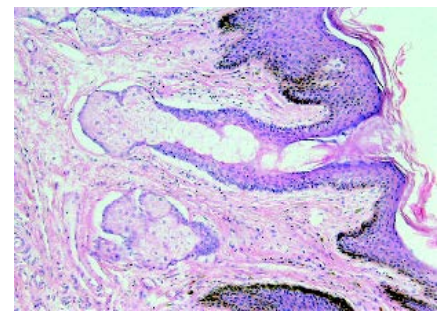
- *mucose*, se il secreto è vischioso e ricco di mucina;
- *sierose*, se il secreto è più acquoso e ricco di enzimi;
- *miste* (o siero-mucose), se il secreto ha caratteri intermedi (se cioè la ghiandola possiede sia cellule a secrezione mucosa, sia cellule a secrezione sierosa).

Riassumendo, possiamo distinguere le ghiandole esocrine in:

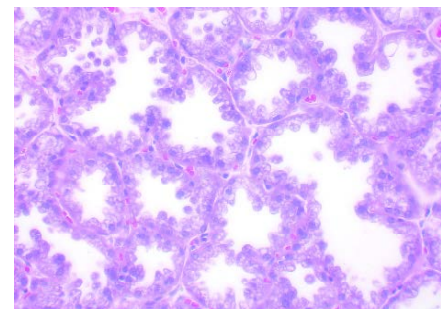


**Figura 15** - Ghiandole tubulari semplici (ghiandole intestinali di Galeazzi-Lieberkühn).

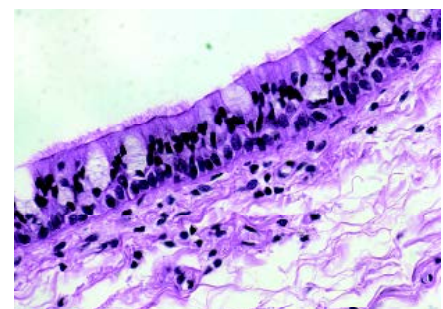
- *ghiandole unicellulari e pluricellulari*;
- *in base al tipo di adenomeri*: ghiandole tubulari, acinose (alveolari), tubulo-acinose (tubulo-alveolari);
- *in base all'organizzazione dei dotti escretori*: ghiandole semplici, ramificate, composte;
- *in base alle modalità di secrezione*: ghiandole olocrine, apocrine, merocrine;
- infine, le *merocrine*, in base al tipo secreto: ghiandole mucose, sierose, siero-mucose (o miste).



**Figura 16** - Ghiandola sebacea. È una ghiandola a secrezione olocrina.



**Figura 17** - Ghiandola mammaria, a secrezione merocrina.



**Figura 18** - All'interno dell'epitelio pseudo stratificato delle vie aeree possiamo riconoscere le cellule mucipare caliciformi, ghiandole unicellulari a secrezione mucosa.



## Epiteli sensoriali

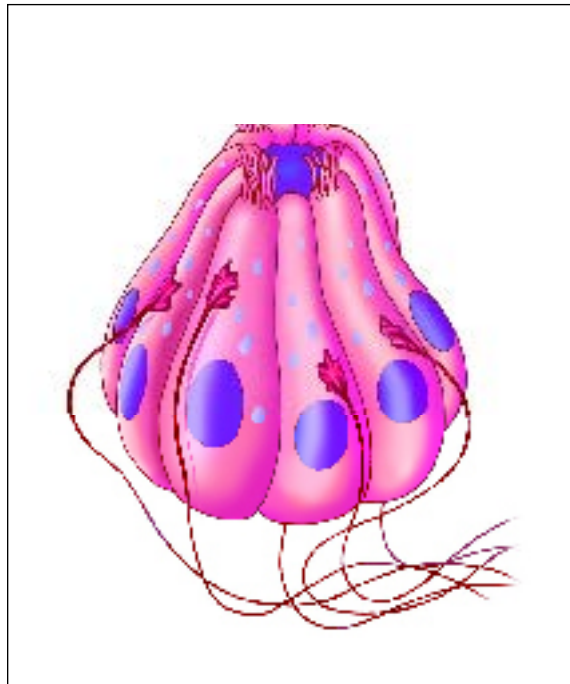
Sono epitelii specializzati per la ricezione di determinate sensazioni. Possiamo distinguere:

- **cellule neuroepiteliali:** sono cellule epiteliali avvolte alla loro base dalle terminazioni di fibre nervose sensitive. Un esempio di queste cellule lo ritroviamo nei boccioli o calici gustativi (Figura 19), contenuti nelle papille linguali. Le cellule neuroepiteliali dei boccioli gustativi sono intercalate fra normali cellule epiteliali di rivestimento, che fungono loro da sostegno; all'apice presentano dei peluzzi corti e rigidi, che servono per captare gli stimoli gustativi, che trasmettono poi, trasformati in impulsi nervosi, alle fibre nervose collegate alla loro base;

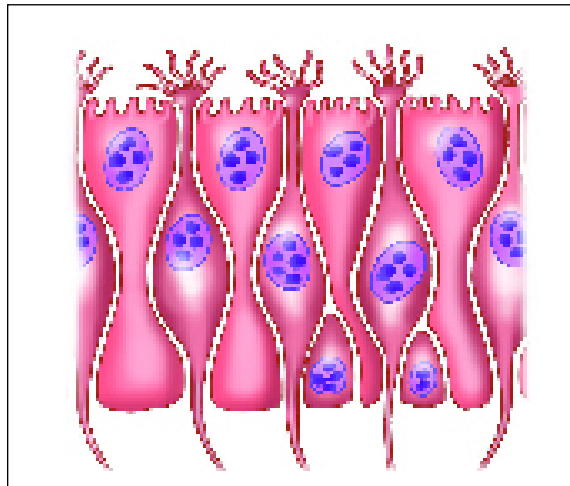
- **cellule nervose epiteliformi:** non sono, in realtà, cellule epiteliali, ma cellule nervose il cui corpo cellulare, però, è simile a quello delle cellule epiteliali, tra le quali è situato, alla superficie di una mucosa; è questo il caso delle cellule olfattorie (Figura 20), situate nella parte più alta della mucosa della cavità nasale.

## Derivati epiteliali

Alcuni organi derivano dalla trasformazione di cellule epiteliali: i **peli** e le unghie originano dalla corneificazione di cellule dell'epidermide; le fibre del **cristallino** (la lente dell'occhio che permette di mettere a fuoco oggetti posti a distanze diverse) sono cellule epiteliali allungate, con il citoplasma molto ricco di acqua e, per questo, trasparente; lo **smalto dei denti**, il tessuto più duro dell'organismo, che riveste la corona dei denti, deriva da cellule epiteliali particolari (dette **adamantoblasti**).



**Figura 19** – Bocciolo gustativo: tra le cellule epiteliali (normali) sono presenti cellule neuro epiteliali, in grado di captare gli stimoli gustativi.



**Figura 20** – Cellule olfattorie: simili a cellule epiteliali, sono in realtà vere cellule nervose, in grado di percepire gli odori.



## Tessuto connettivo

Il tessuto connettivo è caratterizzato dalla presenza di una notevole quantità di sostanza extracellulare, la **sostanza fondamentale**, nella quale sono immerse le cellule e le fibre caratteristiche del connettivo.

La sostanza extracellulare del connettivo è costituita da una matrice o sostanza fondamentale amorfa e da tre varietà di fibre in essa immerse: **fibre collagene, reticolari, elastiche**.

La composizione chimica della sostanza fondamentale, la composizione in fibre, la loro organizzazione spaziale e, infine, i tipi cellulari presenti, consentono di suddividere il tessuto connettivo in alcune varietà:

**1) tessuto connettivo propriamente detto**, comprendente (Figura 21):

- connettivo lasso;
- connettivo denso;
- connettivo reticolare;
- connettivo elastico;

**2) tessuto adiposo;**

**3) tessuto cartilagineo;**

**4) tessuto osseo.**

Infine, alcuni autori assegnano al tessuto connettivo anche il sangue, considerando il plasma una particolare sostanza extracellulare liquida.

Il tessuto connettivo svolge importanti funzioni:

- 1) "connette", ossia collega tra loro tessuti, organi, parti diverse del corpo;
- 2) sostiene l'intero organismo (per mezzo dello scheletro osseo), contiene e protegge i vari organi, dei quali costituisce la fine "impalcatura" di sostegno;
- 3) permette lo scambio e il trasporto di sostanze, offrendo nutrimento alle cellule dei vari organi e tessuti;
- 4) partecipa ai processi difensivi, in particolare contro le infezioni.

In sintesi, il tessuto connettivo svolge funzioni nutritive, di sostegno, protezione meccanica e di difesa.

Costituente principale del tessuto connettivo è la sostanza fondamentale amorfa. La sua composizione chimica presenta alcune differenze nei vari tipi di connettivo:

– nel tessuto connettivo propriamente detto è prodotta dai **fibroblasti** e risulta composta da mucopolisaccaridi (acido ialuronico, acido condroitinsolforico), glicoproteine e altre sostanze che, in generale, trattengono l'acqua, mezzo essenziale per l'attuazione degli scambi di materiali con le cellule;

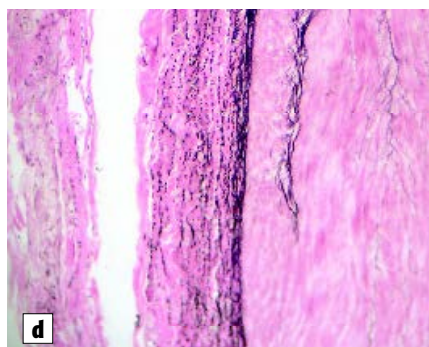
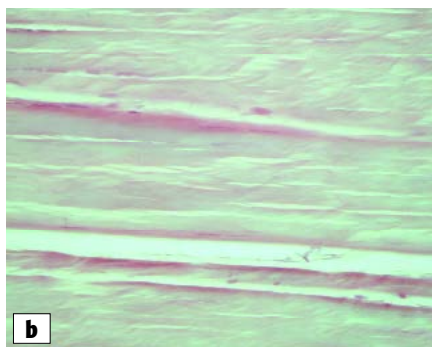
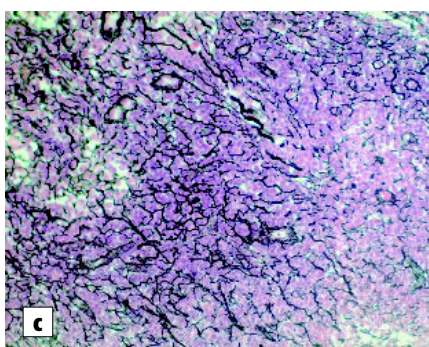
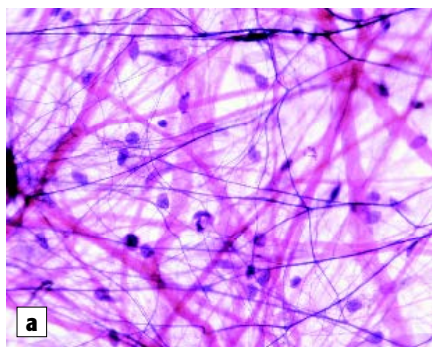
– nel tessuto cartilagineo è presente una particolare glicoproteina, il **condromucoide** (prodotta dai condroblasti), che conferisce alla sostanza fondamentale una certa consistenza;

– infine, una sostanza organica, l'**os-seina** (prodotta dagli osteoblasti), calcificandosi, offre al tessuto osseo la notevole consistenza che lo caratterizza.

Nel connettivo sono presenti fibre collagene, reticolari ed elastiche.

– Le **fibre collagene** sono costituite da una proteina, il collagene, che sottoposta a ebollizione in acqua, si trasforma in colla (o gelatina). Queste fibre presentano una notevole resistenza allo stiramento e sono spesso raccolte in fasci.

– Le **fibre reticolari** sono estremamente sottili e si intrecciano formando delle reti che costituiscono l'intelaiatura, la trama di sostegno dei vari organi (ad esempio il fegato o la milza) e dei capillari sanguigni.



**Figura 21** – Tessuto connettivo lasso (a), denso (b), reticolare (c), elastico (d). Si noti la disposizione delle fibre collagene reticolari ed elastiche, a larghe maglie nel connettivo lasso; strettamente allineate in fasci nel connettivo denso; intrecciate a rete intorno alle cellule nel connettivo reticolare; mentre il connettivo elastico è caratterizzato da addensamenti di fibre elastiche disposte a formare cordoni o lamine appiattite.

– Le **fibre elastiche**, sottoposte a stiramento, si allungano, per ritornare alla lunghezza di partenza una volta cessato l'effetto della forza stirante: posseggono perciò notevole elasticità. Possiamo ritrovarle come singoli filamenti ondulati isolati o come nastri che, in alcune zone, si riuniscono a formare delle vere e proprie membrane elastiche. Come le altre fibre descritte, anche le fibre elastiche sono costituite da una proteina, in questo caso l'**elastina**.

Il tessuto connettivo "maturo" presenta diversi tipi di **cellule** che derivano tutte dalle cellule del connettivo embrionale mesenchimale, di forma stellata, dotate di lunghe e sottili espansioni citoplasmatiche.

Durante lo sviluppo fetale, queste cellule si differenziano e si trasformano nelle seguenti varietà cellulari (Figura 22):

– **fibroblasti** e **fibrociti**: sono cellule dotate di nucleo allungato, citoplasma laminare e aventi forma assai variabile; producono attivamente la sostanza fondamentale del tessuto connettivo propriamente detto (matrice e fibre) e sono perciò presenti in tutte le sue varietà. Si considerano fibroblasti gli elementi cellulari in attività e fibrociti le cellule "a riposo" che possono, tuttavia, riprendere la loro attività biosintetica trasformandosi in fibroblasti, qualora le condizioni ambientali lo richiedano. I fibroblasti intervengono nei processi riparativi del connettivo e nel processo di cicatrizzazione;

– **condrociti**: cellule rotondeggianti caratteristiche del tessuto cartilagineo, responsabili della produzione della sua sostanza fondamentale;

– **osteoblasti** e **osteociti**: cellule tipiche del tessuto osseo, di cui produ-

cono la sostanza fondamentale nella quale, dopo la sua calcificazione, restano imprigionate;

– **osteoclasti**: grosse cellule pluri-nucleate che partecipano al riassorbimento del tessuto osseo;

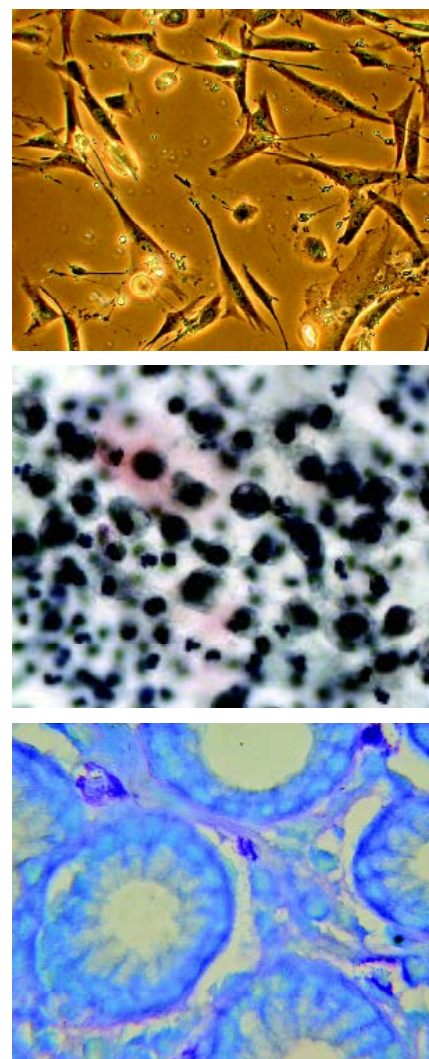
– **istiociti**: sono cellule voluminose, dotate di capacità fagocitaria; fanno parte di un gruppo di cellule definite genericamente macrofagi, che sono gli "spazzini" del nostro organismo poiché inglobano germi e detriti cellulari, partecipando perciò ai processi difensivi e riparativi. I macrofagi si trovano soprattutto nei capillari sinusoidi del fegato (cellule di Kupffer), della milza, nei linfonodi e nel midollo osseo. Sono macrofagi anche i monociti, uno dei tipi di globuli bianchi del sangue;

– **mastociti** o **mast-zellen**: queste cellule presentano nel loro citoplasma molti granuli basofili (che assumono cioè coloranti basici); come i granulociti basofili del sangue, cui assomigliano molto, contengono eparina (sostanza anticoagulante) e istamina, che, liberata nei tessuti, innesca il processo infiammatorio, reazione difensiva dell'organismo contro vari stimoli nocivi;

– **cellule pigmentate**: sono cellule ricche di granuli di pigmento, particolarmente presenti in alcune sedi, come il derma (nella pelle), dove prendono il nome di melanociti (perché contengono la melanina);

– **cellule adipose (adipociti)**: isolati o raggruppati a formare il tessuto adiposo, gli adipociti sono cellule rotondeggianti il cui citoplasma è occupato quasi interamente da una grossa goccia di grasso che sposta il nucleo contro la membrana cellulare. Queste cellule possono accumulare e liberare lipidi, materiale di riserva energetica per l'organismo.

Nei tessuti connettivi si possono rintracciare, infine, cellule provenienti dal sangue o dalla linfa: sono infatti frequenti (soprattutto nel connettivo lasso) granulociti neutrofili, monociti, linfociti e plasmacellule.



**Figura 22** – Dall'alto in basso: fibroblasti (dalla caratteristica forma allungata), condrociti, mastociti (riconoscibili per la loro caratteristica colorazione viola dei granuli citoplasmatici).

### Connettivi propriamente detti

Tutti i tessuti connettivi derivano dal **connettivo embrionale**, nelle sue due forme: mesenchimale (o mesenchima) e mucoso.

Il **mesenchima** è un tessuto lasso che si frappona, nell'embrione, tra gli organi in via di formazione. In una matrice amorfa, contenente poche fibre, sono presenti **cellule stellate**, da cui derivano, in seguito, i vari tipi cellulari del connettivo "maturo".

Il **tessuto mucoso** è rappresentato dalla *gelatina di Wharton*, presente nel cordone ombelicale. Presenta scarsi elementi cellulari (fibroblasti, cellule stellate) immersi in abbondante sostanza fondamentale, di aspetto gelatinoso.

Tra i tessuti connettivi maturi ricordiamo:

- il **tessuto connettivo lasso**: "lasso" vuol dire "allentato", "rilassato", e il connettivo lasso è effettivamente un tessuto caratterizzato da una trama fibrosa allentata, lassa, costituita da fibre collagene ed elastiche che si incrociano nelle tre dimensioni dello spazio, delimitando ampi spazi occupati dalla matrice semiliquida (in diretta continuità con il liquido interstiziale, che bagna le cellule) e da numerose cellule di diverso tipo: fibroblasti, macrofagi, mastociti, adipociti, plasmacellule ecc.

Estremamente diffuso nel nostro organismo, questo tessuto si trova tra organi diversi (che connette "lassamente") o tra i diversi strati (o tonache) di uno stesso organo: ad esempio, è il costituente del sottocutaneo, che si interpone tra la cute e il piano muscolare profondo; della sottomucosa, interposta tra la mucosa e la tonaca muscolare degli organi dell'apparato digerente, respiratorio ecc.

Il connettivo lasso è attraversato dalle diramazioni di vasi e nervi.

Al connettivo lasso possiamo attribuire le seguenti funzioni:

- **funzione trofica**: inserendosi tra vasi e tessuti circostanti, permette gli scambi di sostanze tra cellule e sangue;
- **funzioni meccaniche**: connette e sostiene organi e tessuti diversi, però in modo lasso, permettendo così lo scorrimento reciproco delle diverse parti;
- **funzioni difensive**: operate da istiociti (macrofagi), mastociti (che, liberando istamina, innescano i processi infiammatori) e cellule linfoidi eventualmente presenti;
- **funzioni riparative**: interviene, con i fibroblasti, nel processo di cicatrizzazione.

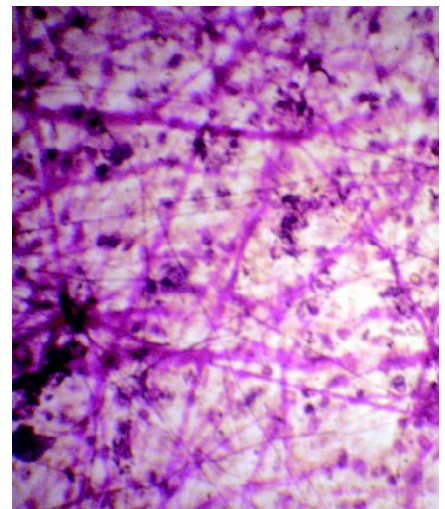
- il **tessuto connettivo reticolare**: è costituito da una finissima maglia tridimensionale di fibre reticolari (cioè sottilissime fibre collagene) cui aderiscono fibroblasti e cellule "reticolari" (**istiociti** così denominati perché aderenti al reticolo di fibre).

Il connettivo reticolare costituisce la trama di sostegno degli organi parenchimali: linfonodi, milza, fegato ecc.

- il **tessuto connettivo denso**: presenta fasci di fibre collagene strettamente addensati che lasciano pochi spazi liberi; tra le cellule prevalgono nettamente i **fibroblasti** e i **fibrociti**. Questo tessuto è estremamente resistente alle deformazioni meccaniche e si presenta in tre forme diverse, in relazione alla disposizione spaziale dei fasci di fibre collagene:

- **connettivo denso a fasci intrecciati** (ricordiamo, ad esempio, il derma, nella cute);
- **connettivo denso a fasci paralleli**: i tendini e i legamenti;
- **connettivo denso laminare**: fasce, aponeurosi e capsule (che avvolgono gli organi).

- il **tessuto connettivo elastico**: vi è un particolare addensamento di fibre elastiche che, insieme a fibre collagene, più scarse, vanno a costituire delle strutture legamentose come i legamenti gialli, situati a livello della colonna vertebrale, o le membrane elastiche della parete dei vasi sanguigni di calibro maggiore.



**Figura 23** – Connettivo lasso.

### Tessuto adiposo

È costituito prevalentemente da **adipociti**, nei quali si accumulano sostanze lipidiche. La sua principale funzione è quella di riserva energetica, di deposito di lipidi, cui l'organismo attinge in caso di necessità (ad esempio nel digiuno); ha inoltre una funzione protettiva meccanica (attutisce i colpi) e termica (il pannicolo adiposo sottocutaneo permette di evitare perdite eccessive di calore).

È localizzato principalmente nel sottocutaneo e, sotto forma di ammassi o cuscinetti adiposi, in alcune zone particolari (ad esempio intorno al rene forma la capsula adiposa renale, che svolge anche una funzione di sostegno dell'organo).



### Tessuto cartilagineo

Il tessuto cartilagineo è una varietà di connettivo caratterizzata dalla presenza, nella sostanza fondamentale (accanto a fibrille collagene ed elastiche, più o meno abbondanti), di una proteina, il condromucoide (o condroitin-solfato), la quale conferisce una certa consistenza al tessuto, che si organizza in strutture rigide, aventi, cioè, forma propria, chiamate **cartilagini**.

Le cellule presenti nelle cartilagini sono solo di un tipo e vengono dette **condrociti**. Sono cellule rotondegianti, globose, perché ricche di acqua e glicogeno; possono essere isolate o presentarsi a gruppetti di poche cellule strettamente addossate, detti **gruppi isogeni** perché derivano dalla moltiplicazione di un solo elemento cellulare (iso, stessa; geni, origine).

Le cartilagini non possiedono vasi propri; la loro nutrizione avviene tramite il **pericondrio**, una membrana connettivale ricca di vasi e nervi che circonda le cartilagini (tranne quelle articolari, che si nutrono attraverso il tessuto osseo sottostante o il liquido sinoviale).

Nel pericondrio sono presenti cellule capaci di moltiplicarsi e trasformarsi in condrociti, che intervengono nei processi di accrescimento e di riparazione delle cartilagini.

Il tessuto cartilagineo costituisce tutto lo scheletro embrionale e parti dello scheletro dell'adulto (cartilagini nasali, auricolari, costali e articolari), nonché le strutture di sostegno di alcuni organi interni, in particolare dell'apparato respiratorio (cartilagini della laringe, della trachea e dei bronchi).

Le cartilagini sono strutture compatte, dotate di una certa flessibilità ed elasticità, ma anche di una certa resistenza, caratteristiche che giustificano la funzione prevalentemente meccanica, di sostegno, di questo particolare tessuto. Possiamo distinguere tre tipi di cartilagini:

- cartilagine ialina;
- cartilagine fibrosa;
- cartilagine elastica.

Ciascun tipo presenta, in modo particolarmente accentuato, l'uno o l'altra delle proprietà meccaniche ricordate: **elasticità, adattabilità** alle forze pressorie, **resistenza** alla trazione.

Nella **cartilagine ialina** la sostanza fondamentale appare omogenea, ialina (cioè vitrea); non sono perciò ben visibili le fibre collagene in essa contenute; le cellule, isolate o riunite in gruppi isogeni, sono contenute in spazi o lacune scavate nella sostanza fondamentale.

Sono ialine le cartilagini costali, del naso, della laringe, trachea e bronchi e quelle che rivestono le superfici articolari nelle articolazioni mobili (diartrosi).

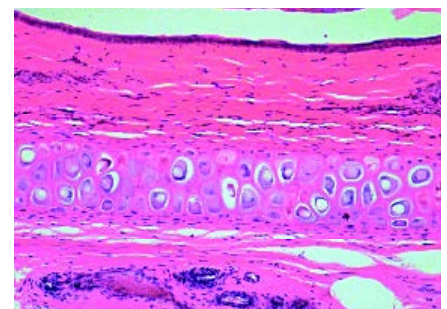
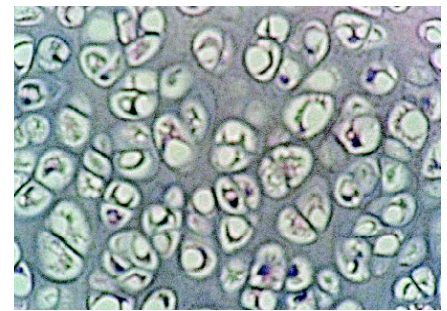
La **cartilagine elastica** è caratterizzata dalla presenza di numerose fibre elastiche, variamente intrecciate, all'interno della sostanza fondamentale. Si ritrova nel padiglione auricolare, nelle tube (trombe) di Eustachio, nell'epiglottide e nel processo vocale (porzione cartilaginea della laringe, cui si inseriscono i legamenti o corde vocali).

Nella **cartilagine fibrosa**, infine, sono ben visibili i fasci di fibre collagene della sostanza fondamentale; ricordiamo, ad esempio, i dischi intervertebrali, i menischi interarticolari ecc.

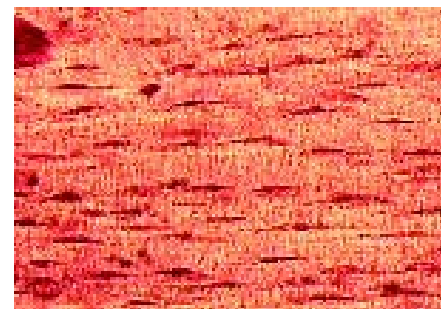
### Tessuto osseo

Il tessuto osseo è una varietà di tessuto connettivo dotata di particolare consistenza. Esso, infatti, presenta un'abbondante sostanza extracellulare, o matrice ossea, nella quale le fibre collagene sono cementate da una sostanza organica (detta **osseina** o **osteomucoide**) calcificata. All'interno della matrice sono scavate delle cavità che contengono le cellule con i loro prolungamenti, i vasi, i nervi e il midollo osseo.

I sali inorganici (soprattutto fosfato di calcio, ma anche carbonato di calcio e



**Figura 24** – In alto, cartilagine ialina; in basso, cartilagine elastica.



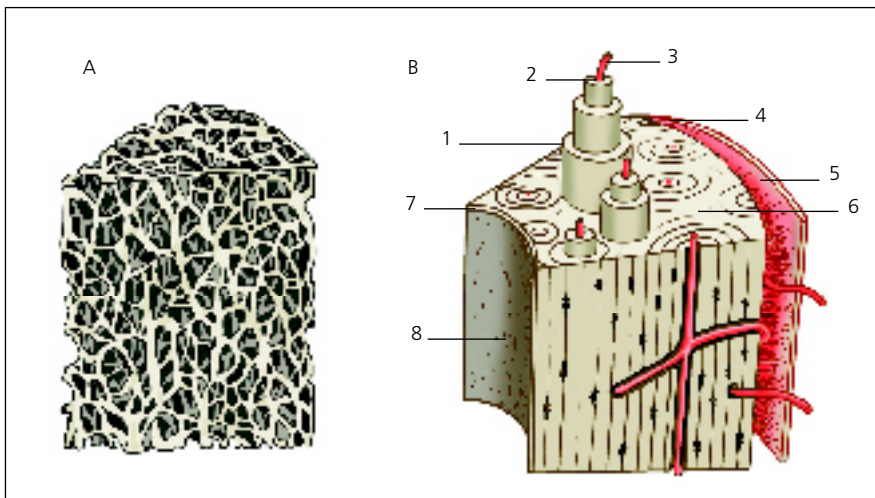
**Figura 25** – Immagine al microscopio di un osso lamellare dove sono evidenti gli osteociti contenuti nelle lacune ossee.

fosfato di magnesio), presenti sotto forma di cristalli di idrossiapatite, rappresentano il 50% circa della matrice ossea.

Dal legame dei cristalli di idrossiapatite con le fibre collagene dipende la resistenza e la durezza dell'osso. I cristalli di idrossiapatite, oltre a contribuire alla durezza del tessuto, rappresentano la principale forma di deposito di sali di calcio (e di fosforo) cui l'organismo può attingere in casi di necessità.

La matrice ossea è organizzata, nell'uomo e negli altri mammiferi, in lamelle, per cui l'osso è detto **lamellare**.

Durante il periodo fetale e anche nel corso di processi di riparazione delle



**Figura 26 - A.** Tessuto osseo spugnoso con lamelle intrecciate a rete che lasciano ampi spazi midollari. **B.** Tessuto osseo compatto (diafisi di un osso lungo) con lamelle parallele. 1) Osteone, costituito da lamelle ossee concentriche al sottile canale di Havers (2), attraversato da vasi e nervi (3); 4) sistema circonfrenziale esterno; 5) periostio; 6) lamelle interstiziali; 7) sistema circonfrenziale interno; 8) endostio.

fratture si riscontra un tessuto osseo “a fasci intrecciati”, nel quale le fibre collagene sono disposte irregolarmente e non formano le lamelle. Successivamente, questo tessuto viene sostituito da osso lamellare. A seconda della disposizione delle lamelle, distinguiamo (Figura 26):

- **tessuto osseo spugnoso;**
- **tessuto osseo compatto.**

Nel tessuto osseo spugnoso le lamelle si intrecciano, formando una rete tridimensionale di trabecole ossee, che delimita degli spazi, detti midollari, contenenti il **midollo osseo rosso** (che produce le cellule del sangue: globuli bianchi, globuli rossi e piastrine); l'architettura di questo tessuto ricorda le spugne di mare, da cui deriva il nome.

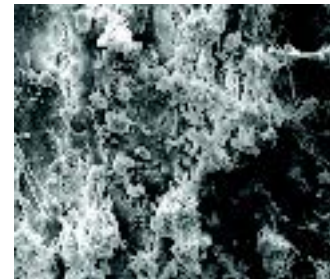
Nel tessuto osseo compatto le lamelle sono strettamente addossate, stratificate, formando dei particolari sistemi, disposti intorno ai vasi (**sistemi di Havers** delle ossa lunghe) e alla superficie esterna o interna dell'osso (sistemi fondamentali o circonfrenziali esterno e interno).

Va ricordata un'altra varietà di tessuto osseo: la **dentina**. Costituente principale del dente, presenta alcune particolarità che la differenziano dagli altri tessuti ossei; in particolare, le cellule che producono la dentina (**odontoblasti**) non sono immerse nella dentina calcificata, ma sono disposte tra la dentina e la polpa dentaria.

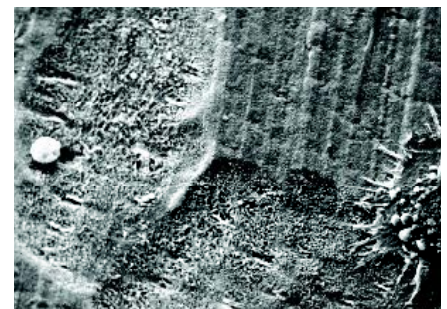
**Cellule ossee.** Nel tessuto osseo ritroviamo tre tipi di cellule: osteociti, osteoblasti e osteoclasti.

Gli **osteociti** sono contenuti in cavità o lacune ossee, scavate nella matrice tra una lamella e l'altra o anche nello spessore delle stesse lamelle. Sono cellule appiattite, con un corpo a forma di mandorla, da cui si dipartono degli esili prolungamenti citoplasmatici, che percorrono sottili canalicoli che originano dalle lacune ossee.

Questi prolungamenti permettono scambi di sostanze tra osteociti e sangue, che, altrimenti, non potrebbero avvenire perché la matrice calcificata impedisce la libera diffusione delle sostanze nutritive.



**Figura 27 – Osteoblasto.**



**Figura 28 – Osteoclasto.**

Gli osteociti non sono attivi produttori della matrice ossea; tuttavia, intervengono nel regolare i fenomeni di deposizione e riassorbimento dei sali di calcio nell'osso.

Gli **osteoblasti** sintetizzano la matrice organica dell'osso che, successivamente, subisce il processo di calcificazione. Essi si dispongono alla superficie del tessuto osseo, strettamente accollati tra loro, così da dare l'impressione di un epitelio semplice. Di forma cubica, anch'essi dotati di sottili prolungamenti, vengono progressivamente circondati dalla matrice ossea prodotta da loro stessi, vi rimangono intrappolati dentro e si trasformano in osteociti.

Gli **osteoclasti** sono cellule giganti multinucleate, mobili. Esse intervengono nel processo di riassorbimento osseo: dobbiamo sottolineare, infatti, che l'osso modifica continuamente la sua struttura, rispondendo alle sollecitazioni meccaniche cui è sottoposto; demolisce alcune lamelle per ricostruirne altre, orientate diversamente, per poter sopportare più agilmente il carico cui è sottoposto.

Gli osteoclasti sono incaricati dell'opera demolitiva, mentre sarà compito degli osteoblasti la ricostruzione del tessuto osseo.

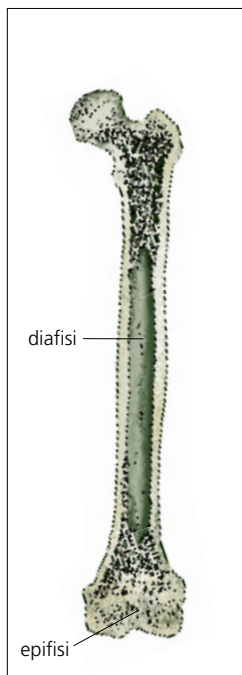
**Le ossa.** Come per la cartilagine, anche il tessuto osseo, per la sua consistenza, dà origine a strutture aventi forma propria: le ossa.

In base alla loro forma, al loro aspetto macroscopico, le ossa vengono divise in tre gruppi: ossa lunghe, brevi (o corte) e piatte.

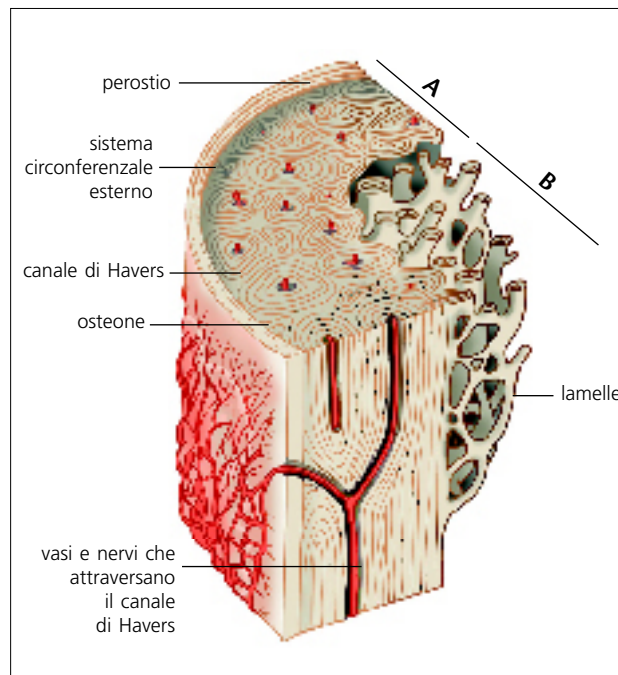
Le **ossa lunghe** presentano un corpo, o diafisi, piuttosto allungato e di forma cilindrica, e due estremità, le epifisi, ingrossate, provviste di superfici articolari per la connessione con le altre ossa.

La **diafisi** è costituita da tessuto osseo compatto che presenta una tipica struttura: al suo interno è presente il canale midollare (perciò la diafisi ha l'aspetto di un tubo cilindrico cavo), nel quale è contenuto midollo osseo rosso, avente funzione ematopoietica (produce, cioè, le cellule del sangue: globuli rossi, bianchi e piastrine). Presente nell'età fetale e neonatale, il midollo rosso della cavità midollare delle diafisi viene poi progressivamente sostituito da tessuto adiposo, trasformandosi in midollo osseo giallo, senza più funzione ematopoietica.

Le **epifisi** sono costituite da tessuto osseo spugnoso, rivestito da un sottile strato di osso compatto. Tra le trabecole dell'osso spugnoso vi sono gli spazi midollari, nei quali è sempre presente, anche nell'adulto, il midollo osseo rosso. La superficie articolare delle epifisi è rivestita da cartilagine ialina.



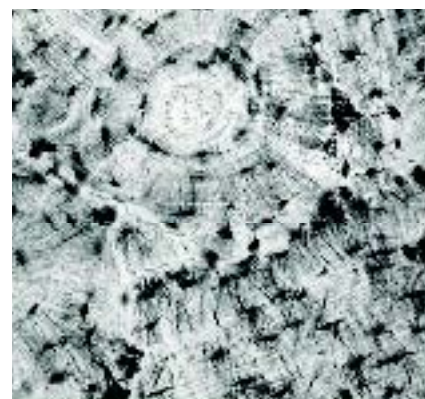
**Figura 29** – Osso lungo.



**Figura 30** – Struttura della diafisi di un osso lungo: A) osso compatto con lamelle parallele; B) osso spugnoso con lamelle intrecciate a rete che lasciano ampi spazi midollari.

## Struttura delle diafisi delle ossa lunghe

Le diafisi delle ossa lunghe sono costituite da osso compatto, nel quale le lamelle presentano un'organizzazione particolare: le lamelle più esterne sono disposte in strati concentrici, che formano il **sistema circolatorio** (o **fondamentale**) esterno; quelle più interne circondano il canale midollare (**sistema fondamentale interno**); tra questi due sistemi le lamelle si dispongono concentricamente a dei canali (**canali di Havers**), che contengono vasi sanguigni e midollo osseo, costituendo i **sistemi di Havers** o **osteoni** (Figura 31).



**Figura 31** – Immagine al microscopio di un osteone, con al centro il canale di Havers.



Tra gli osteoni vi sono gruppi di lamelle disposte disordinatamente, che costituiscono i **sistemi delle lamelle interstiziali**. Gli osteoni sono lunghi cilindri (disposti parallelamente all'asse maggiore della diafisi) costituiti da un canale centrale (canale di Havers), circondato da un numero variabile (5-20) di lamelle ossee concentriche.

I canali di Havers, contenenti vasi, nervi e connettivo lasso, sono connessi al periostio, alla cavità midollare e tra di loro mediante dei sottili canali trasversali, detti **canali di Volkmann**.

Tra le lamelle dei diversi sistemi (e all'interno delle stesse) sono scavate le lacune e i canalicoli, che contengono gli osteociti con i loro prolungamenti.

Le **ossa brevi** (o **corte**) sono formate da tessuto osseo spugnoso (che contiene midollo rosso), rivestito da un sottile strato esterno di osso compatto e da cartilagine ialina sulle superfici articolari (Figura 32).

Le **ossa piatte** sono costituite da due lamine di tessuto osseo compatto, separate da un sottile strato di osso spugnoso, che può talora mancare.

Tutte le ossa sono rivestite esternamente da un sottile strato connettivale, il **periostio**, riccamente vascolarizzato e innervato, le cui cellule intervengono nella riparazione delle fratture, trasformandosi in osteoblasti. Dal periostio partono fibre collagene chiamate **fibre di Sharpey**, che lo fissano all'osso sottostante. Il periostio non riveste la superficie articolare dove è presente, invece, cartilagine ialina.

La superficie interna delle ossa, infine, è rivestita da uno strato connettivale più sottile, l'**endostio**.

**Funzioni del tessuto osseo.** Come tutti i tessuti connettivi, anche il tessuto osseo svolge funzioni preminentemente di tipo meccanico: le ossa, infatti, sostengono e proteggono le parti molli (l'encefalo nella scatola cranica, i polmoni e il cuore nella gabbia toracica

ecc.); inoltre, agendo come leve, permettono la trasformazione delle forze meccaniche generate dalla contrazione dei muscoli (che si inseriscono sulle ossa mediante i tendini) in movimento.

Nelle ossa è contenuto il midollo osseo, che produce le cellule del sangue, ha cioè funzione ematopoietica; infine, il tessuto osseo partecipa al metabolismo del calcio e del fosforo, dei quali rappresenta la principale forma di deposito per l'organismo umano.

### Processo di ossificazione

Le ossa si formano per trasformazione di parti connettivali o cartilaginee preesistenti. L'ossificazione inizia già nella vita fetale e si conclude solo nell'adulto, ad accrescimento ultimato, intorno ai 18-21 anni. Possiamo distinguere due modalità di ossificazione:

- l'**ossificazione diretta** o **membranosa**, in cui l'osso deriva dalla trasformazione di porzioni connettivali membranose del feto (Figura 33).

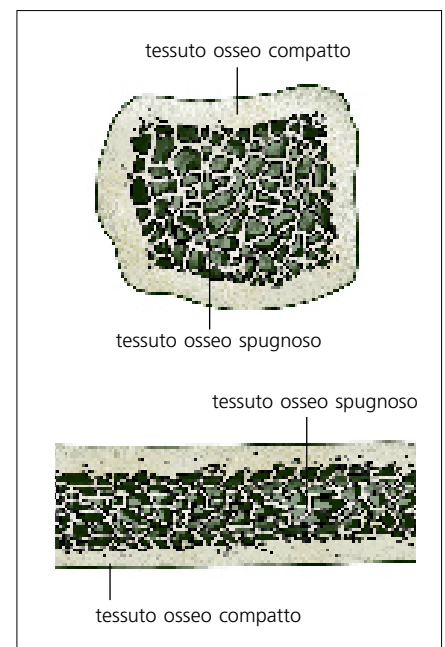
L'ossificazione diretta è caratteristica delle ossa craniche, che presentano alla nascita delle zone connettivali non ancora ossificate, dette fontanelle. Una variante di questa modalità è l'ossificazione mantellare, nella quale le parti membranose in via di ossificazione avvolgono "a mantello" e poi sostituiscono un abbozzo cartilagineo dell'osso. L'ossificazione mantellare si può riscontrare nello sviluppo di alcune ossa del blocco facciale, come la mandibola;

- l'**ossificazione indiretta** o **condrale**, nella quale le ossa si formano per sostituzione del tessuto cartilagineo, che costituisce lo scheletro embrionale, con tessuto osseo.

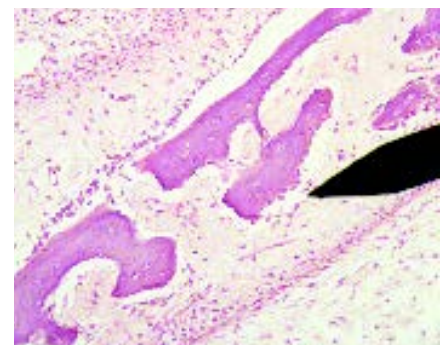
Dal 3° mese di gravidanza, all'interno del modello cartilagineo cominciano a formarsi i **centri di ossificazione**: i condrociti si ingrossano e si dispongono in più file, mentre la matrice si calcifica, separando le cellule e impedendo

così la diffusione delle sostanze nutritive. Le cellule cartilaginee vanno perciò incontro ad atrofia e scompaiono, per essere sostituite da altre cellule, gli **osteoblasti**, provenienti dal pericondrio, che nel frattempo ha assunto i caratteri del periostio.

Quindi la calcificazione provoca la scomparsa dei condrociti, sostituiti da osteoblasti che producono nuova matrice ossea, la quale, calcificandosi, isola, imprigiona altri condrociti: il processo continua fino all'ossificazione completa.



**Figura 32** – In alto, osso breve (o corto). In basso osso piatto.



**Figura 33** – Ossificazione membranosa, caratterizzata dalla diretta calcificazione del tessuto connettivo.

Ogni osso possiede un numero ben determinato di centri di ossificazione. Nelle ossa lunghe si sviluppano centri di ossificazione distinti nella diafisi e nelle epifisi.

Nella diafisi l'ossificazione comincia dalla parte più esterna, il pericondrio (**ossificazione pericondrale**), dove alcune cellule si differenziano in osteoblasti; si forma così un manico osseo superficiale nella diafisi; in profondità, nella diafisi e nelle epifisi, si sviluppano invece centri di ossificazione con le modalità già descritte. L'ossificazione procede dalla diafisi verso l'epifisi; durante tutto il periodo dell'accrescimento, tra la diafisi e l'epifisi troviamo una zona cartilaginea di attiva moltiplicazione cellulare, che permette l'accrescimento in lunghezza dell'osso. Questa zona è detta **cartilagine di accrescimento**; le cellule cartilaginee, moltiplicandosi, si dispongono in più file: quelle più vicine alla diafisi vanno incontro a involuzione e sostituzione con tessuto osseo, per cui questa cartilagine avrà una disposizione caratteristica a strati, da cui deriva l'altro nome, **cartilagine seriata**, che le viene attribuito. Quindi, mentre verso la diafisi viene sostituita da tessuto osseo, dall'altra parte questa cartilagine continua a riprodursi allungando l'osso. L'allungamento dell'osso cessa quando tutta questa cartilagine posta tra diafisi ed epifisi (e perciò detta, con un terzo nome, **cartilagine di coniugazione**) viene sostituita da tessuto osseo e non vi sono più cellule cartilaginee in fase di attiva moltiplicazione (Figura 34).

L'osso appena formato (**osso primario**) non presenta la struttura lamellare

dell'osso adulto (**osso secondario**, lamellare), poiché le fibre collagene sono disposte irregolarmente a fasci intrecciati. In seguito, esso viene rimodellato, grazie all'azione degli osteoclasti e degli osteoblasti che, rispettivamente, demoliscono e ricostruiscono tessuto osseo.

Anche l'osso lamellare continuerà a essere rimaneggiato lentamente, per tutta la vita, in risposta alle sollecitazioni meccaniche cui è sottoposto. Nell'anziano i fenomeni di riassorbimento (distruzione) non sono compensati da una adeguata neoformazione ossea; si determina perciò un grado di osteoporosi più o meno avanzato, che rende le ossa più fragili.

I fenomeni di accrescimento e di calcificazione delle ossa sono influenzati da numerosi fattori ormonali e nutrizionali.

### Il sangue come tessuto

Il sangue può essere considerato un tessuto connettivo particolare, costituito da una sostanza extracellulare liquida, il **plasma**, e da numerose cellule in essa sospese.

È contenuto nei vasi sanguigni, entro i quali circola, ininterrottamente, sospinto dall'attività ritmica della pompa cardiaca.

Grazie alla sua circolazione, il sangue svolge una fondamentale funzione di trasporto delle sostanze in esso disciolte, che possono essere così distribuite a tutte le cellule dell'organismo.

I globuli bianchi, i globuli rossi e le piastrine, inoltre, svolgono funzioni particolari sulle quali ci soffermeremo nella sezione relativa al sistema circolatorio.



**Figura 34** – Radiografia del polso. L'allungamento delle ossa lunghe degli arti inferiori determina l'aumento di statura del bambino e continua finché tutta la cartilagine di coniugazione non viene sostituita da tessuto osseo calcificato.

La statura definitiva dell'individuo verrà perciò raggiunta quando la cartilagine di accrescimento sarà scomparsa; una semplice radiografia del polso potrà dirci se l'individuo crescerà ancora oppure no, rivelando l'eventuale presenza o assenza della cartilagine di coniugazione tra diafisi ed epifisi.

### Tessuto muscolare

Il tessuto muscolare è costituito da cellule allungate e sottili (del diametro di 10-100 micron), fusiformi (cioè con estremità assottigliate), dette anche **fibre muscolari** per la loro notevole lunghezza: da 1 mm fino a diversi centimetri. Queste fibre sono in grado di modificare la loro forma, accorciandosi e ispessendosi (cioè **contraendosi**), in risposta a determinati stimoli (chimici, nervosi, elettrici). Le proprietà fondamentali delle cellule o fibre muscolari sono pertanto:

- **contrattilità**: capacità di ridurre la loro lunghezza;
- **irritabilità** o **eccitabilità**: capacità di rispondere all'applicazione di uno stimolo adeguato. La contrazione è la risposta specifica della fibra muscolare agli stimoli a essa applicati;
- **elasticità**: capacità di riprendere la forma originaria una volta cessata la contrazione (o lo stiramento).

Il tessuto muscolare può essere distinto in tre tipi diversi (Figura 35):

- muscolo scheletrico (volontario) o striato;
- muscolo liscio (involontario);
- muscolo cardiaco (striato ma involontario).

Il **muscolo scheletrico** prende inserzione sullo scheletro; è detto **volontario** perché la sua contrazione può essere controllata con la volontà; **striato** perché le cellule presentano delle striature trasversali lungo tutta la loro lunghezza. Le cellule o **fibre muscolari striate** sono provviste di molti nuclei ovoidali, situati, in genere, subito sotto la membrana cellulare che viene detta **sarcolemma** (il prefisso "sarco" – carne, muscolo, in greco – è spesso utilizzato parlando delle componenti delle cellule muscolari).

Il citoplasma o **sarcoplasma** della fibra muscolare striata contiene numerosi **mitocondri** (o **sarcosomi**),

l'apparato del Golgi, uno sviluppato reticolo endoplasmatico (o **reticolo sarcoplasmatico**) e moltissime **miofibrille** (del diametro di 1-2 micron), costituite, a loro volta, da un gran numero di **miofilamenti** di due tipi diversi (filamenti di **actina**, più sottili e di **miosina**, più spessi), disposti in modo tale da determinare la caratteristica immagine striata (bande chiare e scure alternate) del muscolo osservato al microscopio.

Le singole fibre sono circondate da connettivo reticolare (**endomisio**) e si raccolgono in gruppi o fasci delimitati da sottili setti connettivali (**perimisio**), che si dipartono da una membrana connettivale (**epimisio**) che circonda l'intero muscolo.

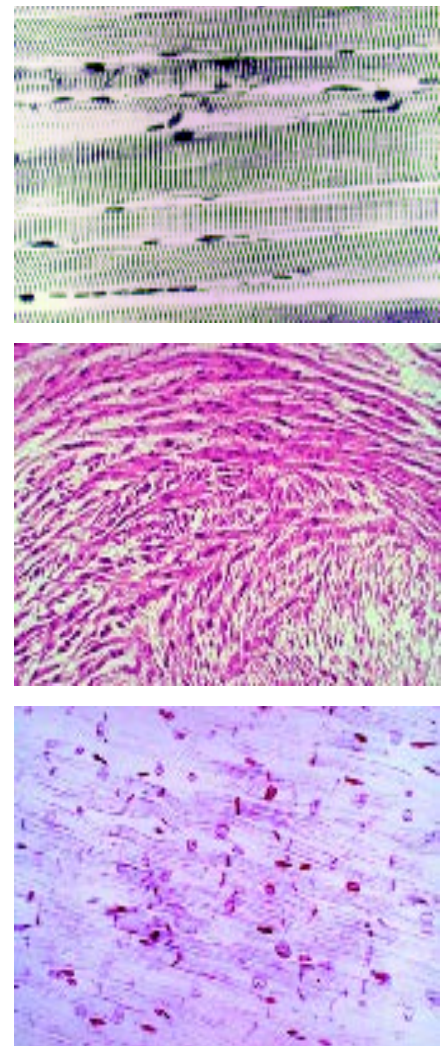
Il **muscolo liscio** è così detto perché non presenta al microscopio ottico le striature tipiche del muscolo scheletrico (anche se al microscopio elettronico è rilevabile la presenza di miofilamenti). È detto **involontario** perché la sua contrazione avviene sempre indipendentemente dal controllo della volontà, in risposta a **impulsi nervosi** veicolati da fibre del **sistema neurovegetativo** (o sistema nervoso autonomo o involontario), in risposta a **stimoli ormonali** o anche in assenza di questi stimoli, in modo automatico (ad esempio, in risposta alla distensione della cellula).

Le fibre muscolari lisce sono anch'esse fusiformi, di lunghezza minore (20-50 micron) rispetto alle striate e posseggono un solo nucleo al centro della fibra. La muscolatura liscia si trova nella parete degli organi interni cavi (apparato digerente, respiratorio, vasi sanguigni ecc.) e la sua contrazione determina modificazioni del diametro della cavità o **lume** che essi circoscrivono.

Il **muscolo cardiaco** o **miocardio** è un tipo di muscolo **striato** ma **involontario**, che si contrae automaticamente in risposta a impulsi ritmici generati da cellule cardiache particolari.

Anche il miocardio riceve fibre nervose autonome che possono influenzare la sua attività contrattile.

La fibra muscolare cardiaca, striata come quella scheletrica, presenta tuttavia un solo grosso nucleo centrale; le sue estremità si ramificano, connettendosi con quelle di fibre vicine, attraverso una modificazione della membrana cellulare, chiamata **disco intercalare** o **stria scalariforme**, che al microscopio ottico appare come una banda trasversale scura, irregolarmente segmentata.



**Figura 35** – Dall'alto in basso: fibre muscolari striate viste in sezione longitudinale; tessuto muscolare liscio; miocardio (in sezione longitudinale).



### Tessuto nervoso

Il tessuto nervoso è costituito da vari tipi di cellule e dai prolungamenti che da queste cellule originano. Le principali cellule costituenti il tessuto nervoso sono i **neuroni** (Figura 36), cellule irritabili (o eccitabili), capaci di **generare e trasmettere impulsi nervosi** in risposta a stimoli specifici.

I neuroni sono costituiti da un corpo cellulare, detto **pirenoforo** o **soma**, avente forma e dimensioni diverse nelle diverse parti del sistema nervoso, provvisto di un numero variabile di prolungamenti brevi, detti **dendriti**, e un prolungamento, in genere lungo, detto **neurite** o **assone** o **cilindrasso**.

Nel citoplasma ritroviamo: numerose strutture fibrillari, le **neuro-fibrille**, che si estendono anche ai dendriti e al neurite; mitocondri; l'apparato del Golgi e una struttura granulare colorabile, detta **sostanza tigroide** o **corpo di Nissl**, che al microscopio elettronico si rivela essere il reticolo endoplasmatico rugoso. In prossimità del nucleo non sono riscontrabili i centrioli, strutture da cui deriva, nelle altre cellule, il fuso mitotico nel processo di divisione cellulare: la cosa non deve sorprendere, perché le cellule nervose sono **cellule perenni**, che non sono in grado di riprodursi.

I dendriti raccolgono l'eccitamento nervoso proveniente da altre fibre nervose e lo trasportano dalla periferia

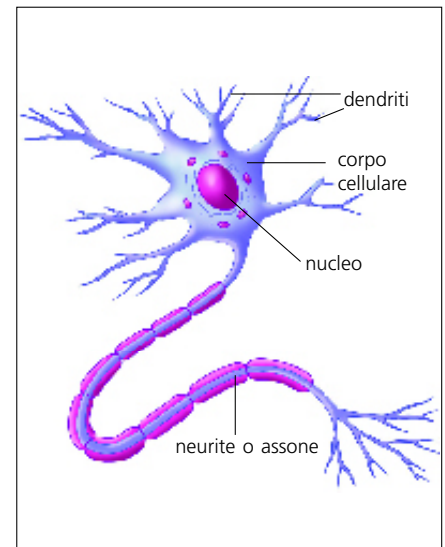
verso il corpo cellulare; l'assone, invece, trasporta l'impulso nervoso generato dal neurone verso la periferia, cioè verso altre cellule nervose, cellule muscolari o organi ghiandolari.

I neuroni sono collegati tra loro mediante particolari dispositivi giunzionali, le **sinapsi**. I corpi cellulari sono raccolti nel **sistema nervoso centrale** (o **nevrasse**) o in particolari strutture, dette **gangli**, situate fuori dal nevrasse.

Gli assoni di molti neuroni si staccano dal nevrasse, riunendosi in fasci, chiamati **nervi**, che si portano alla periferia, mettendosi in contatto con diverse strutture: recettori sensitivi, fibre muscolari, ghiandole.

Un nervo è quindi costituito da un fascio di assoni o fibre nervose; queste possono essere avvolte da un involucro lipidico chiamato **guaina mielinica**: in tal caso si parla di **fibre mieliniche** (o mielinizzate); in assenza di tale involucro le fibre sono dette **amieliniche**. La presenza della guaina mielinica e il diametro della fibra nervosa influenzano la velocità di propagazione dell'impulso nervoso.

A seconda della direzione di propagazione degli impulsi, si distinguono **fibre afferenti**, se gli impulsi viaggiano dalla periferia verso il sistema nervoso centrale (SNC), **fibre efferenti** se gli impulsi si portano dal SNC alla periferia. L'argomento verrà approfondito nella trattazione del sistema nervoso.



**Figura 36** – Rappresentazione schematica della struttura di una cellula nervosa, o neurone. Il corpo cellulare, contenente il nucleo, continua con più prolungamenti corti, i dendriti, e uno lungo, il neurite o assone.

### Nevroglia o glia

Oltre ai neuroni, sono componenti del tessuto nervoso le **cellule di nevrogli** o **glia**: questo termine è usato per indicare vari tipi cellulari del tessuto nervoso che non generano né trasmettono impulsi nervosi.

Le cellule gliali svolgono nel sistema nervoso le funzioni proprie dei tessuti connettivi nelle altre parti del corpo umano:

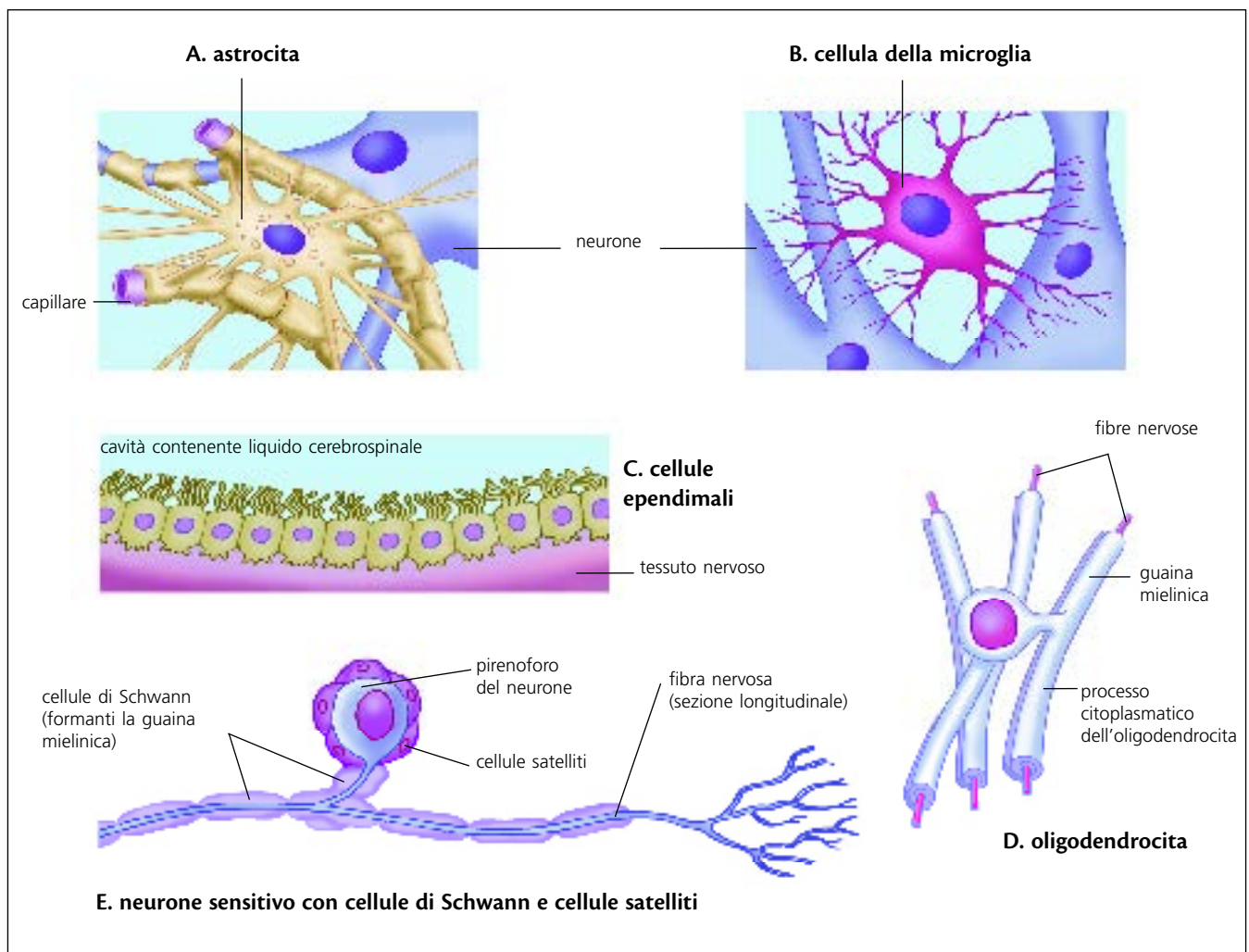
- **funzione trofica e di sostegno**, svolta dagli **astrociti**, cellule gliali di forma stellata, provviste di prolun-

gamenti che avvolgono i neuroni e li collegano ai capillari sanguigni, costituendo così una barriera tra sangue e neuroni che protegge il tessuto nervoso, chiamata **barriera emato-encefalica**;

- **funzione isolante** (isolamento elettrico) da parte degli **oligodendrociti**, che avvolgono con la loro membrana cellulare le fibre nervose formando le guaine mieliniche (nel sistema nervoso periferico questo ruolo è svolto dalle **cellule di Schwann**);

- **funzione protettiva** nei confronti delle infezioni (svolta dalle **cellule di microglia**, che, come gli istociti del tessuto connettivo, hanno capacità fagocitarie).

Ricordiamo, infine, alcune cellule della nevrogli che svolgono funzioni particolari: le **cellule ependimali**, che rivestono, come un epitelio, il canale centrale del midollo spinale e la superficie interna dei ventricoli cerebrali, contenenti il liquido cerebro-spinale; le **cellule di Schwann**, che avvolgono le fibre nervose dei nervi periferici co-



**Figura 37** – Principali tipi di cellule di nevrogli.