



 **MONDADORI**
EDUCATION



MONDADORI
EDUCATION

STUDIARE LA BIOLOGIA ATTRAVERSO LE IMMAGINI

PAOLA PRIORE

09.04.2019

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

The basic definition of *visual literacy* is **the ability to read, write and create visual images**. It is a concept that **relates to art and design** but it also has much wider applications. Visual literacy **is about language, communication and interaction**. Visual media is a linguistic tool with which we communicate, exchange ideas and navigate our highly visual digital world.

[<https://visualliteracytoday.org/what-is-visual-literacy/>]

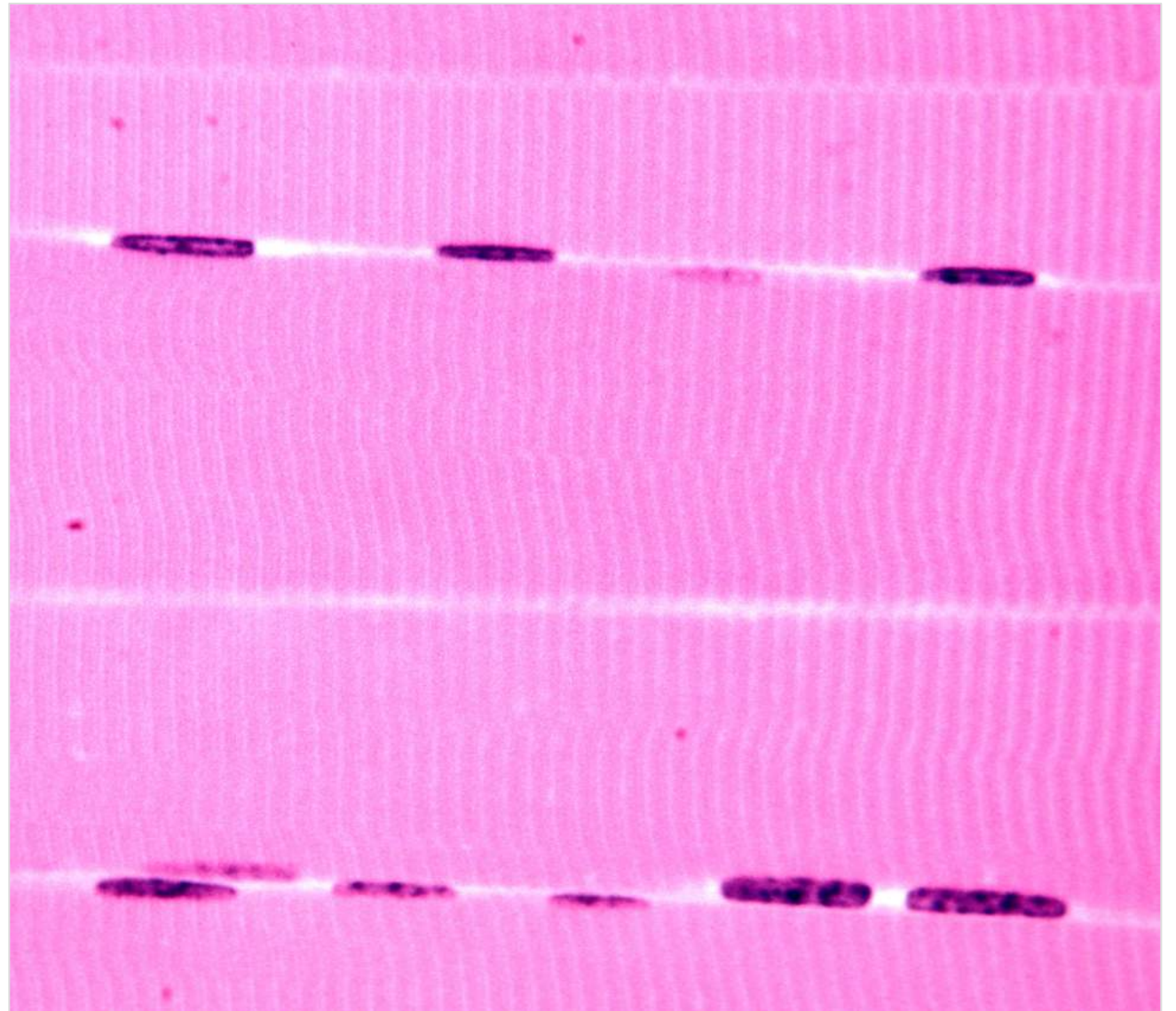


Lezione di anatomia del dottor Tulp (Rembrandt, 1632)

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

We define *visual literacy* as the achievement of fluency in the disciplinary discourse scientists use when engaging in activities such as 1) decoding and interpreting visual representation, 2) encoding and creating visual representation, and 3) generating mental models.

[Arneson JB and Offerdahl EG, CBE – Life Sciences Education. 2018]



Sezione longitudinale di muscolo scheletrico. LM (EE), X500

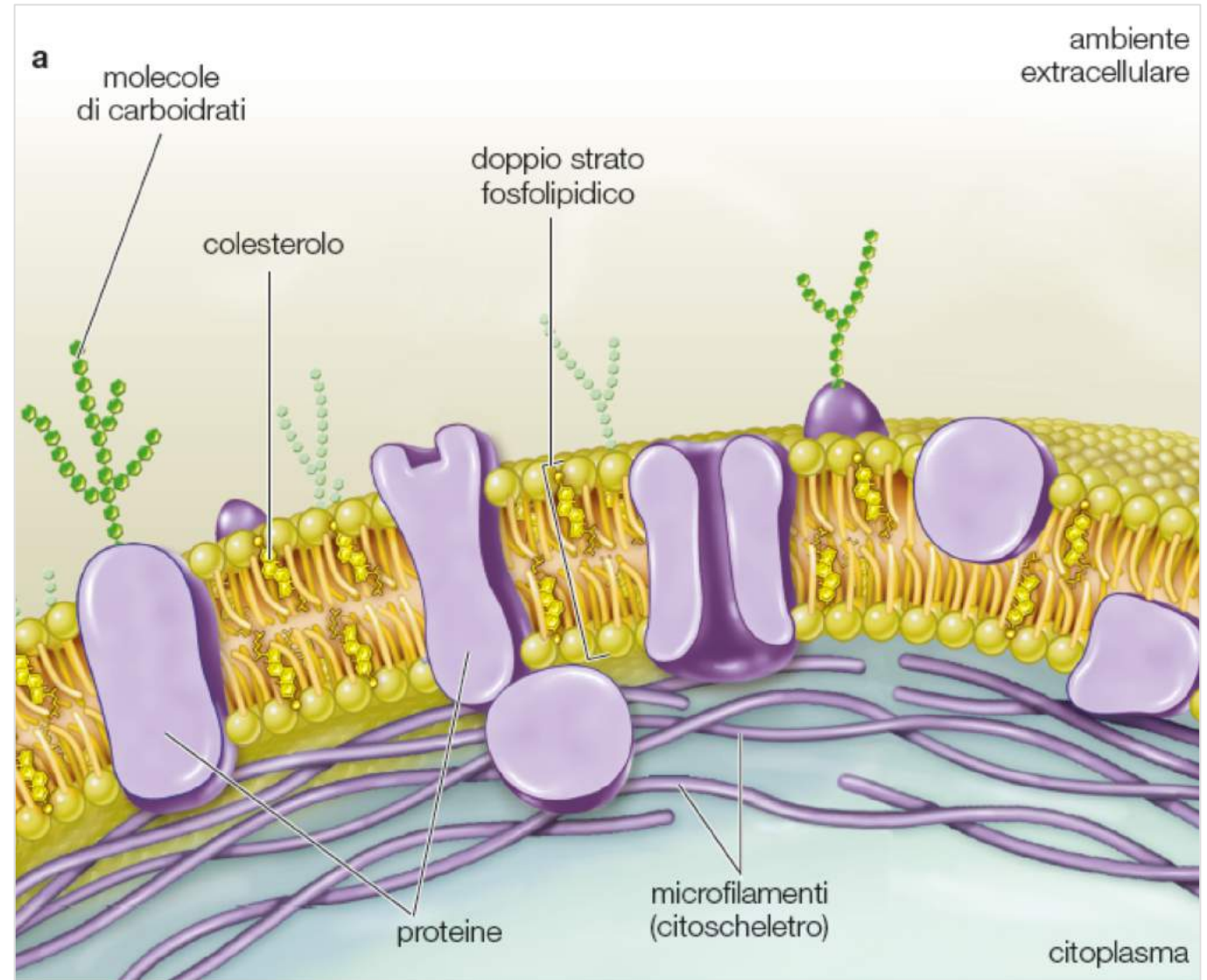
INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING, UNO STUDIO

Target: 180 studenti (18-19 anni)

Focus: analisi fra pari di immagini, schemi, rappresentazioni e grafici riguardanti citologia, genetica e biologia molecolare, biochimica

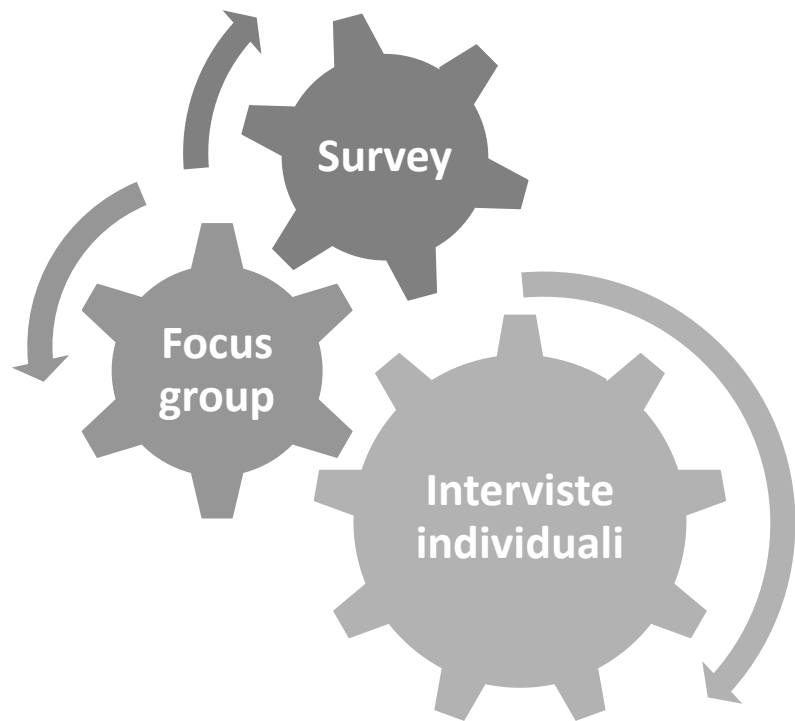
Risultati: stimolazione dell'apprendimento cooperativo e del pensiero critico; riduzione delle convinzioni erranee; stimolazione all'uso autonomo del testo di studio.

[Amy M. Wiles, *Figure Analysis: a teaching technique to promote visual literacy and active learning*, Biochemistry and Molecular Biology Education. 2016]



INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA

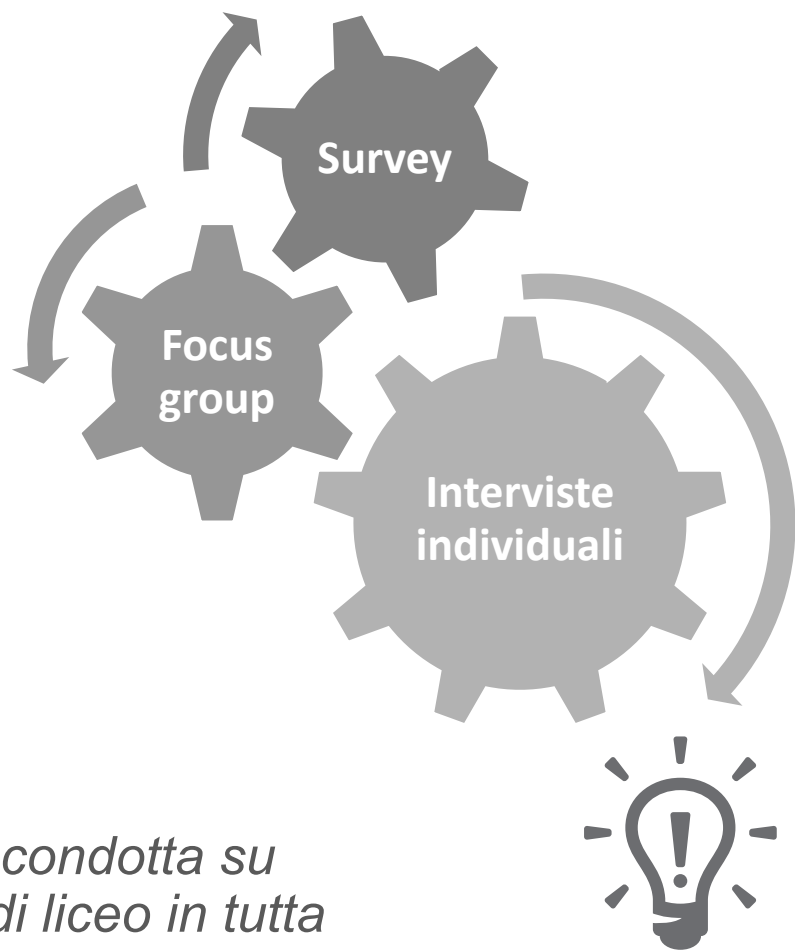
Bisogni e richieste



*Ricerca sociale condotta su
200 insegnanti di liceo in tutta
Italia (aprile-maggio 2018)*

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA

Bisogni e richieste



*Ricerca sociale condotta su
200 insegnanti di liceo in tutta
Italia (aprile-maggio 2018)*



IMMAGINI ↔ **LINGUAGGIO**

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

PER QUESTO NOI ABBIAMO PENSATO A UN LIBRO IN CUI...

1° biennio



Mariëlle Hoefnagels

Biologia

Indagine sulla vita

> DALLE CELLULE AI VERTEBRATI

Con la partecipazione di



Fondazione Umberto Veronesi
—per il progresso delle scienze

LINEA BLU

CARRIERE STEM
CON LA FONDAZIONE
UMBERTO VERONESI

DALLA STORIA
ALLE FRONTIERE
DELLA RICERCA

FOCUS SULLE IMMAGINI
DELLA BIOLOGIA

ACCEDI AI VIDEO
E AGLI AUDIO
CON LO SMARTPHONE



1° biennio



Mariëlle Hoefnagels

Biologia

Indagine sulla vita

> DALLE CELLULE AI VERTEBRATI

Con la partecipazione di



Fondazione Umberto Veronesi
—per il progresso delle scienze

LINEA VERDE

CARRIERE STEM
CON LA FONDAZIONE
UMBERTO VERONESI

DALLA STORIA
ALLE FRONTIERE
DELLA RICERCA

FOCUS SULLE IMMAGINI
DELLA BIOLOGIA

ACCEDI AI VIDEO
E AGLI AUDIO
CON LO SMARTPHONE



INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

PER QUESTO NOI ABBIAMO PENSATO A UN LIBRO IN CUI...

Figura 14 Cellule animali. (a) Proiezioni di aglio una cellula animale a metà e di osservare la parte inferiore. (b) Un oggetto celestiale sono rappresentati in un disegno che ne evidenzia le dimensioni e la posizione. (c) Fotografia di TEM di una cellula animale reale. (d) I nuclei e i mitocondri sono stati evidenziati con una colorazione digitale che riproduce quella del disegno.

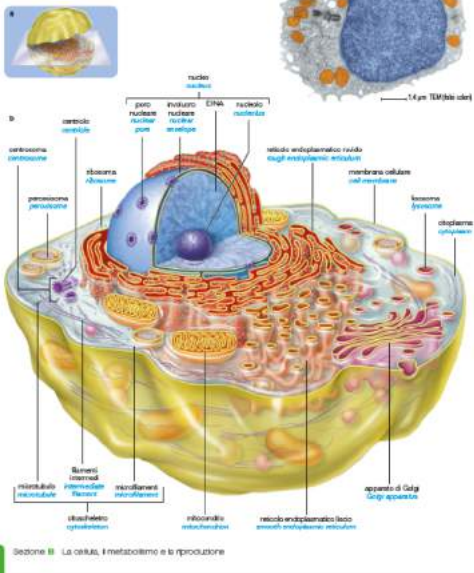


Figura 17 Nucleo. (a) Tipica posizione del nucleo in una cellula. (b) Il nucleo contiene il DNA ed è circondato da una membrana nucleare che forma il nucleolo. (c) I nuclei di una cellula animale fotografati in TEM; i nuclei e i nucleoli sono evidenziati con una colorazione digitale che riproduce quella del disegno.



25.1 Il sistema linfatico collabora con la circolazione e le difese immunitarie

Il sistema linfatico è costituito da una rete di vasi, organi e tessuti che lavorano in sinergia con l'apparato cardiovascolare e con il sistema immunitario. La linfa, un liquido chiaro e trasparente simile al plasma sanguigno, scorre all'interno dei vasi linfatici, lungo i quali si trovano dei piccoli organi (i linfonodi) in cui vengono depurate la linfa da scorie e agenti patogeni (che causano malattie). Inoltre, fanno parte del sistema linfatico anche altri organi (come il timo, il midollo osseo rosso e la milza) che non sono direttamente collegati ai vasi linfatici.

A. Le funzioni del sistema linfatico
 Il sistema linfatico svolge tre funzioni importanti:
 • **Mantenimento dell'equilibrio dei liquidi corporei.** In genere, le parti dei capillari sanguigni sono protette porose: gli elementi del sangue più grossi, come gli eritrociti, restano confinati al loro interno, ma la componente liquida può passare attraverso fenestrate, riversandosi all'esterno e formando il liquido interstiziale. I vasi linfatici raccolgono questo liquido, filtrato attraverso i linfonodi e lo immettono nuovamente nel circolo sanguigno.
 • **Immunità.** I linfonodi filtrano la linfa, rimuovendo batteri, detriti e cellule tumorali. Inoltre, gli organi linfatici hanno la funzione di produrre i linfociti, le cellule che si sommano a quelle prodotte dai tessuti per difendere il corpo.
 • **Assorbimento dei lipidi.** L'intestino tenue è circondato da numerosi vasi linfatici, chiamati vasi chiliferi, che assorbono i lipidi digeriti con l'aiuto del latte. Dopo i pasti, la linfa trasportata dai vasi chiliferi (detta chilo) è opaca e lattiginosa, proprio a causa del suo alto contenuto lipidico.

B. I componenti del sistema linfatico
 Come abbiamo detto, il sistema linfatico è composto da linfa, vasi linfatici e organi linfatici; inoltre, si può trovare del tessuto linfatico speso in diversi punti del corpo (a-e). Ogniuno di questi componenti è descritto di seguito.

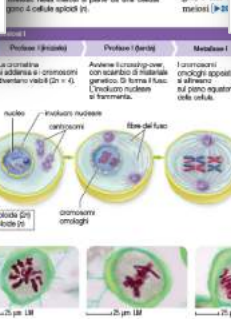


25.1 Il sistema linfatico collabora con la circolazione e le difese immunitarie

Il sistema linfatico è costituito da una rete di vasi, organi e tessuti che lavorano in sinergia con l'apparato cardiovascolare e con il sistema immunitario. La linfa, un liquido chiaro e trasparente simile al plasma sanguigno, scorre all'interno dei vasi linfatici, lungo i quali si trovano dei piccoli organi (i linfonodi) in cui vengono depurate la linfa da scorie e agenti patogeni (che causano malattie). Inoltre, fanno parte del sistema linfatico anche altri organi (come il timo, il midollo osseo rosso e la milza) che non sono direttamente collegati ai vasi linfatici.

A. Le funzioni del sistema linfatico
 Il sistema linfatico svolge tre funzioni importanti:
 • **Mantenimento dell'equilibrio dei liquidi corporei.** In genere, le parti dei capillari sanguigni sono protette porose: gli elementi del sangue più grossi, come gli eritrociti, restano confinati al loro interno, ma la componente liquida può passare attraverso fenestrate, riversandosi all'esterno e formando il liquido interstiziale. I vasi linfatici raccolgono questo liquido, filtrato attraverso i linfonodi e lo immettono nuovamente nel circolo sanguigno.
 • **Immunità.** I linfonodi filtrano la linfa, rimuovendo batteri, detriti e cellule tumorali. Inoltre, gli organi linfatici hanno la funzione di produrre i linfociti, le cellule che si sommano a quelle prodotte dai tessuti per difendere il corpo.
 • **Assorbimento dei lipidi.** L'intestino tenue è circondato da numerosi vasi linfatici, chiamati vasi chiliferi, che assorbono i lipidi digeriti con l'aiuto del latte. Dopo i pasti, la linfa trasportata dai vasi chiliferi (detta chilo) è opaca e lattiginosa, proprio a causa del suo alto contenuto lipidico.

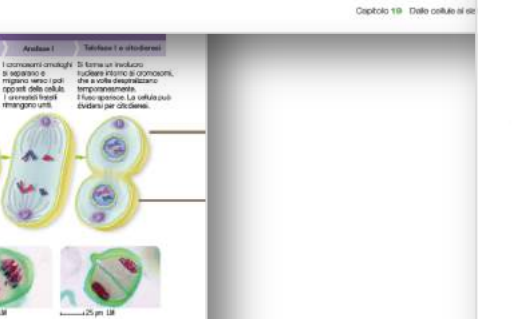
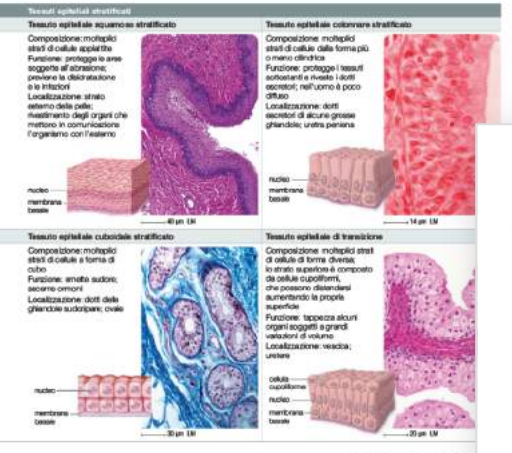
B. I componenti del sistema linfatico
 Come abbiamo detto, il sistema linfatico è composto da linfa, vasi linfatici e organi linfatici; inoltre, si può trovare del tessuto linfatico speso in diversi punti del corpo (a-e). Ogniuno di questi componenti è descritto di seguito.



Tessuti epiteliali. Sono chiamati carcinomi e i più comuni sono i tumori della pelle, del polmone, della prostata e del colon.

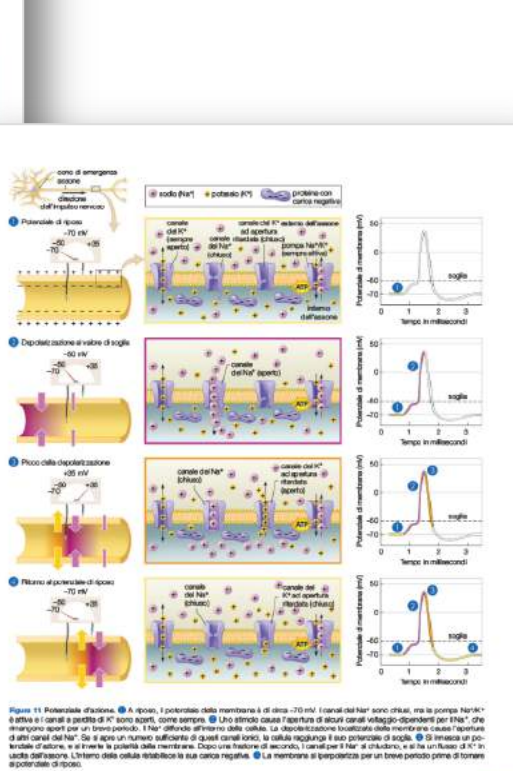
Classificazione
 I tessuti epiteliali sono classificati in base alla loro struttura: sono detti semplici, se sono formati da un singolo strato di cellule poggiate sulla membrana basale stratificati, se sono costituiti da più strati di cellule. Possono poi essere ulteriormente suddivisi in base alla forma delle cellule che li compongono.

In alcuni casi, i tessuti epiteliali non sono organizzati in



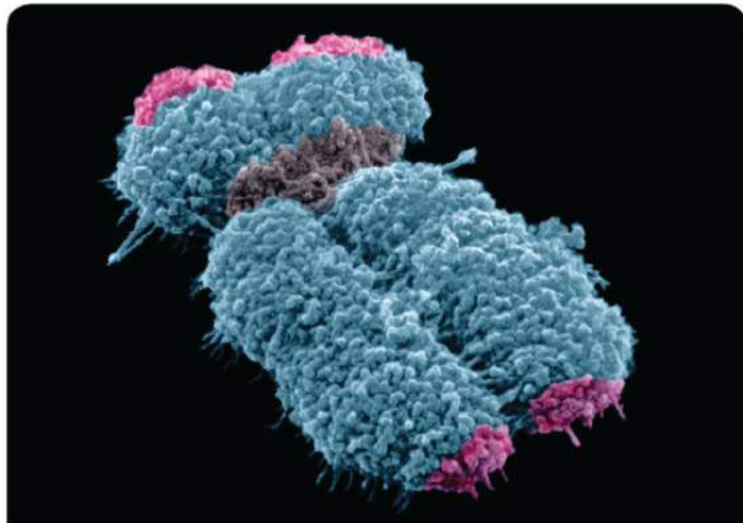
lamine piatte, ma formano le ghiandole. Le ghiandole sono organi che producono specifiche sostanze che sono poi riversate nel circolo sanguigno (ghiandole endocrine) oppure all'interno dell'organismo o nelle cavità corporee (ghiandole esocrine). Sono ghiandole endocrine quelle che producono ormoni, mentre sono ghiandole esocrine quelle che occupano la secrezione di muco, latte, sudore, saliva ecc.

Altri tessuti epiteliali, detti epitelio mesenchimali, sono composti da cellule che presentano specifiche modificazioni per raccogliere stimoli dall'ambiente. È il caso dell'epitelio che si trova sulla lingua, organizzato a formare delle strutture (i papilli gustativi) che ci permettono di percepire i sapori.



INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

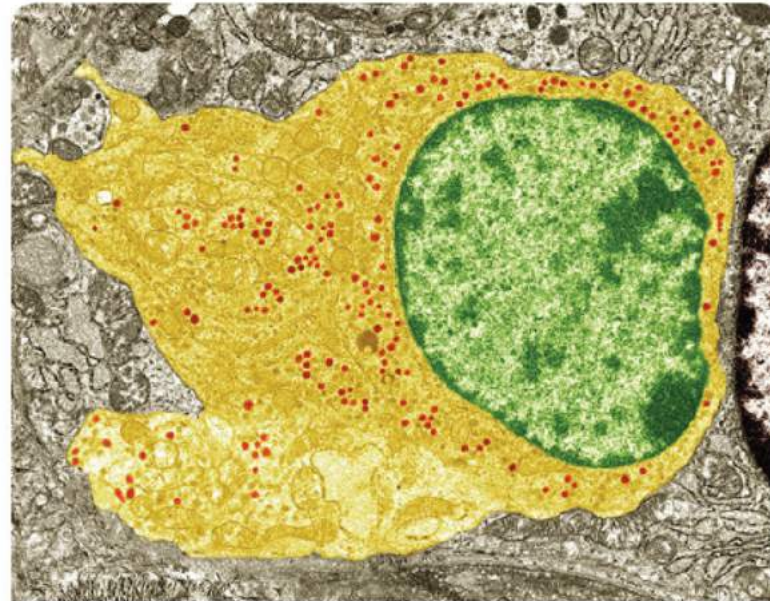
PER QUESTO NOI ABBIAMO PENSATO A UN LIBRO IN CUI...



0,5 μm SEM (falsi colori)

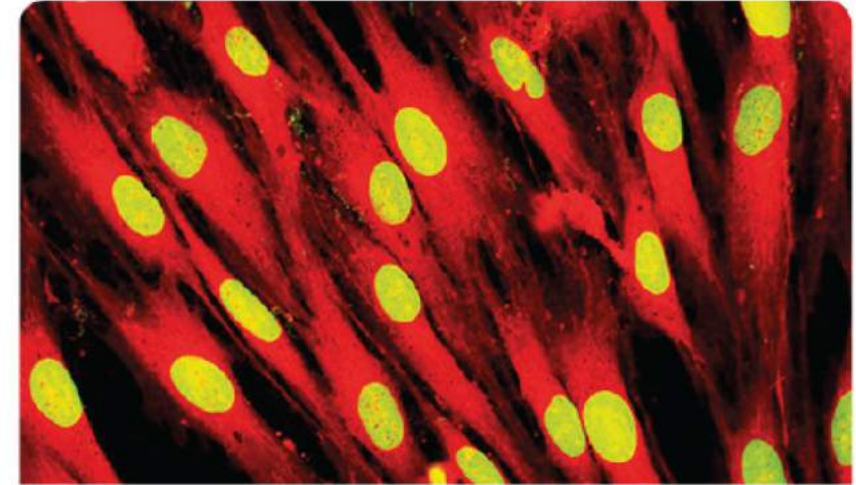
Figura 21 Telomeri. In questo cromosoma duplicato, sono messi in evidenza i telomeri (colorati in rosa) di ciascun cromatidio.

0,5 μm SEM (falsi colori)



2 μm TEM (falsi colori)

Figura 11 Cellula C. Le cellule C, dette anche cellule parafollicolari, si occupano della produzione e della secrezione di calcitonina. Nella micrografia riconosciamo, oltre al nucleo (in verde) e al citoplasma (in giallo), numerose vescicole di secrezione (in rosso).

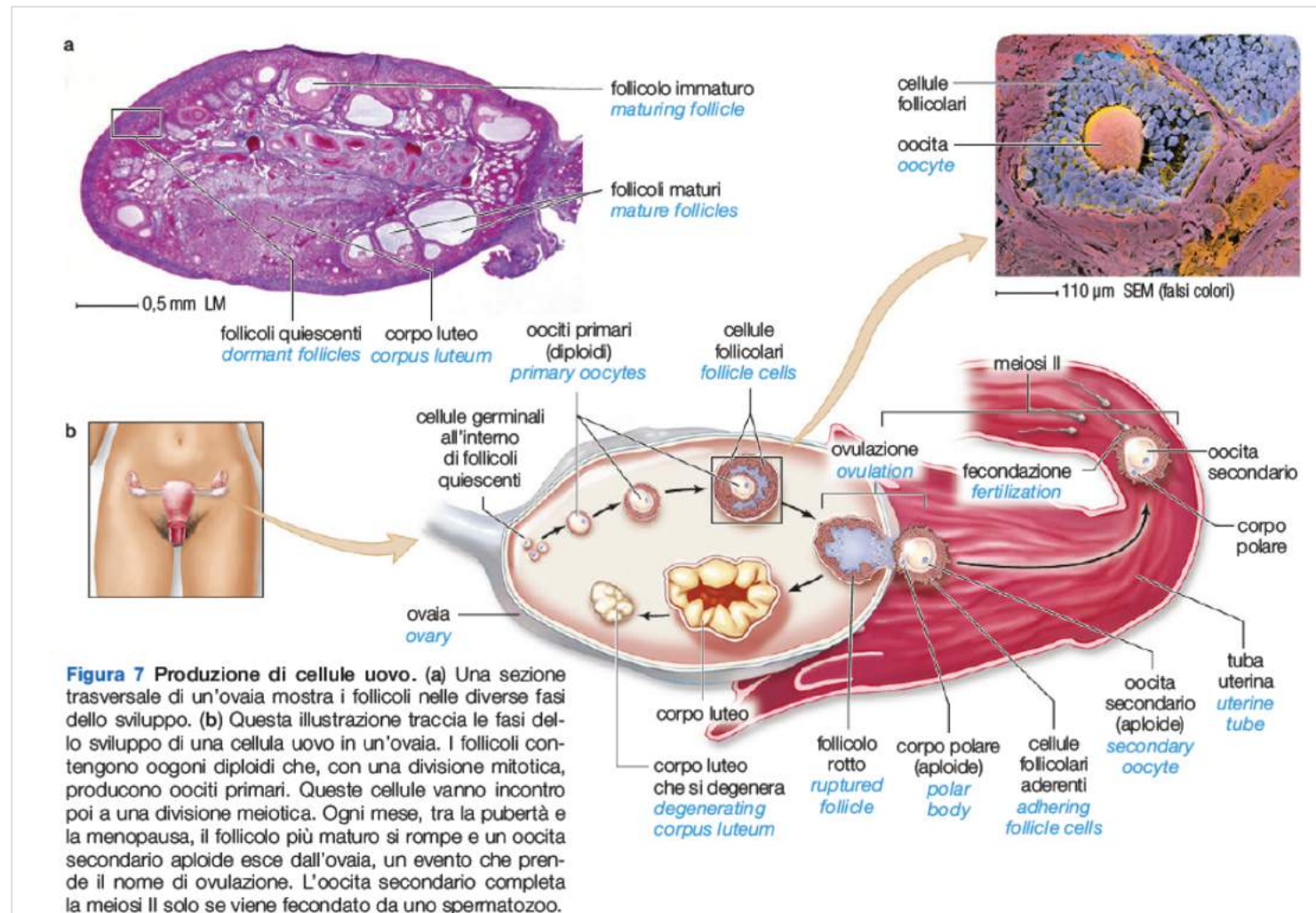


20 μm LM (colorazione fluorescente)

Figura 4 Fibroblasti. I fibroblasti sono le cellule più abbondanti del tessuto connettivo. In questa immagine, i nuclei sono stati colorati in giallo e le membrane plasmatiche in rosso, usando la tecnica dell'immunofluorescenza.

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

PER QUESTO NOI ABBIAMO PENSATO A UN LIBRO IN CUI...



INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

PER QUESTO NOI ABBIAMO PENSATO A UN LIBRO IN CUI...

4.2 I microscopi ingrandiscono le strutture cellulari

La maggior parte delle cellule è invisibile a occhio nudo, per questo lo studio della vita a livello cellulare e molecolare richiede strumenti capaci di ingrandirle. La distanza minima tra due punti affinché si possano vedere come oggetti separati, e non come un'unica macchia, è chiamata **risoluzione**. L'occhio umano è in grado di distinguere i dettagli fino a circa 200 μm (un micrometro o micron è pari a un millesimo di millimetro, ossia $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$) e quindi ha bisogno di un aiuto strumentale, il microscopio, per studiare la maggior parte delle cellule e i loro dettagli [►4].

A. I microscopi

A seconda del tipo di campione e del sistema fisico utilizzato come sorgente di luce è possibile raggruppare i microscopi in tre grandi categorie:

- microscopi ottici;
- microscopi elettronici;
- microscopi a scansione di sonda.

Microscopi ottici

I microscopi ottici (LM da *light microscope*) [►5] sono ideali per ottenere immagini di cellule vive o fissate con un conservante. Visto che la luce deve attraversare gli oggetti per rivelarne la struttura interna, è necessario che i campioni siano trasparenti o preparati in sezioni (o fette) molto sottili. Nella maggior parte dei casi l'immagine osservata è semitrasparente; per poter distinguere le



Figura 5 Microscopio ottico composto. Questo strumento ha un potere di risoluzione di circa 0,2 μm , cioè 1000 volte superiore all'occhio umano.

diverse strutture è necessario utilizzare speciali coloranti come l'iosina (colora il citoplasma) o il blu di metilene (colora il nucleo), o sonde fluorescenti come il BODYPY (colora gli accumuli di trigliceridi). Esistono diversi modelli di microscopi ottici; tra i più utilizzati nei laboratori di ricerca troviamo il microscopio composto e il microscopio confocale.

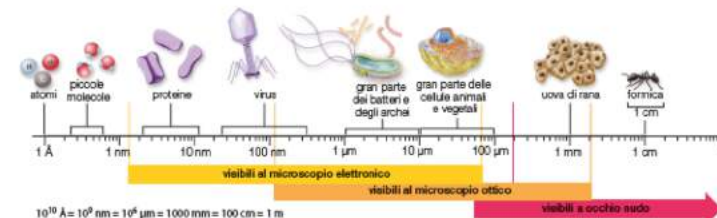


Figura 4 Microscopi ottici ed elettronici. I biologi usano i microscopi per osservare un mondo invisibile a occhio nudo. Questi strumenti sono caratterizzati dalla risoluzione, cioè dalla distanza minima tra due punti che si riescono a distinguere (se i due punti sono più vicini si confondono). La risoluzione dei microscopi elettronici e di quelli ottici consente di osservare oggetti di dimensioni diverse, che vanno dalle molecole a intere cellule.

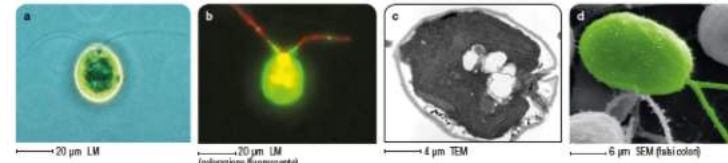


Figura 6 I diversi microscopi rivelano dettagli diversi. Un'alga unicellulare del genere *Chlamydomonas* osservata da differenti microscopi. (a) Micrografia ottica. (b) Micrografia ottica confocale. (c) Micrografia elettronica a trasmissione. (d) Micrografia elettronica a scansione.

Il primo focalizza la luce visibile sul campione mediante due o più lenti (oculare, obiettivo e condensatore); i più potenti ingrandiscono fino a circa 1000 volte, con una risoluzione di circa 0,2 μm [►5a]. Il secondo invece usa un fascio di luce bianca su una piccola porzione del campione da osservare. Attraverso la microscopia confocale è possibile ottenere ingrandimenti fino a 1600 volte le dimensioni originali del campione. Inoltre, combinando più immagini confocali si compongono spettacolari visualizzazioni tridimensionali [►5b].

Microscopi elettronici

Il limite di risoluzione del microscopio ottico dipende dalla luce visibile utilizzata come sorgente. Per poter visualizzare strutture molto piccole è necessario ricorrere a fonti di energia più potenti come gli elettroni. Il microscopio elettronico a trasmissione (TEM da *transmission electron microscope*) invia un fascio di elettroni attraverso il campione da osservare, usando un campo magnetico per focalizzare il fascio. Questo proietta un'immagine bidimensionale ad alta risoluzione, che mostra i dettagli interni degli oggetti osservati [►5c]. Il TEM ingrandisce fino a 50 milioni di volte, con una risoluzione inferiore a 1 angstrom (10^{-10} m).

Il microscopio elettronico a scansione (SEM da *scanning electron microscope*) invia un fascio di elettroni sulla superficie di un campione tridimensionale metallizzato, ossia ricoperto da uno strato conduttore. Le immagini ottenute hanno una risoluzione minore rispetto a quelle prodotte dal TEM: l'ingrandimento massimo è di 250 000 volte, con una risoluzione tra 1 e 5 nm. Il vantaggio principale del SEM è la possibilità di mettere in risalto fessure e trane sulla superficie dei campioni ottenendo immagini tridimensionali [►5d].

Sia nel caso del TEM sia con il SEM si ottengono immagini in bianco e nero che poi potranno essere colorate attraverso la computer grafica per migliorarne la visione (in tal caso sotto le foto al microscopio, o micrografie, si specifica la dicitura "falsi colori").

Microscopi a scansione di sonda

I microscopi a scansione di sonda permettono l'analisi di superfici attraverso una sonda fisica che esegue la scansione del campione e ne realizza una mappa tridimensionale.

La microscopia a scansione di sonda si avvale di diverse tecniche, ognuna delle quali fa perno su differenti principi fisici per l'analisi morfologica delle superfici. Il microscopio a scansione di sonda più diffuso nei laboratori di ricerca biologici è il microscopio a forza atomica (AFM da *atomic force microscope*). L'AFM non richiede un pretrattamento del campione e non usa lenti ma microsonde del diametro di circa 20-30 nm. La microsonda è illuminata da un raggio laser mentre scorre sul campione e le sue oscillazioni, dovute alle interazioni atomiche tra punta della sonda e superficie da analizzare, sono captate da un rivelatore che ricostruisce il profilo (sporgenze e cavità) del campione [►7]. L'AFM ha un potere di risoluzione pari a 0,1 nm e può essere utilizzato addirittura per lo studio di singole macromolecole.



Figura 7 Fibroblasti all'AFM. Alcune cellule appartenenti alla pelle (fibroblasti) osservate al microscopio a forza atomica.

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: TRA VISUAL LITERACY E ACTIVE LEARNING

PER QUESTO NOI ABBIAMO PENSATO A UN LIBRO IN CUI...

Strategie per vedere il micromondo



Non esiste una "vera" immagine al microscopio. Ogni tecnica microscopica fa risaltare caratteristiche di un campione e ne nasconde altre: a seconda di quello che vogliamo vedere, decideremo che microscopia utilizzare [figura A]. Inoltre, i colori che vediamo nelle immagini spesso non sono quelli reali, ma sono dovuti a coloranti artificiali o addirittura ricreati al computer - in quest'ultimo caso si parla di immagine a *falsi colori*. Infine, raramente vediamo al microscopio delle cellule nel loro ambiente e in condizioni naturali: per osservarle al meglio dobbiamo prepararle per il microscopio.

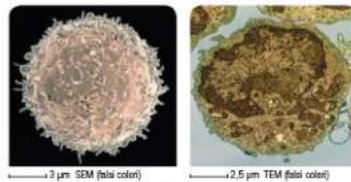


Figura A Confronto tra scansione e trasmissione. Un infocolo osservato al SEM (sinistra) o al TEM (destra). La prima immagine ricostruisce la forma e la superficie esterna, mentre la seconda visualizza le informazioni interne.

Fissazione

Cellule e tessuti viventi si difendono e decompongono rapidamente. Per molte applicazioni è importante che siano trattati per manipolarli con facilità e preservarne la struttura a lungo. Questi trattamenti sono noti come *fissazione*, in quanto "fissano" il campione, come in una fotografia. Lo svantaggio principale è che le cellule vengono uccise; inoltre si rischiano sempre artefatti, ovvero modifiche indesiderate del campione indotte dal procedimento. I principali metodi di fissazione sono termici, chimici, fisici.

- Fissazione termica in cui il campione, posto sul vetrino, viene semplicemente passato rapidamente su una fiamma, seccandolo. Viene usato per osservare campioni batterici, ma distrugge le strutture interne.
- Fissazione chimica in cui il campione viene impregnato con composti che ne impediscono la degradazione e lo rinforzano. La formaldeide è uno dei composti più

usati per la fissazione chimica dei tessuti. Si possono usare anche alcoli come il metanolo e l'etanolo, o ossidanti come il tetrossido di osmio.

- Fissazione fisica: in cui il campione viene congelato a temperature bassissime (-196 °C) con estrema rapidità, così velocemente da impedire che l'acqua cristallizzi danneggiando il campione. Viene utilizzata per la microscopia elettronica; in particolare permette di "fermare" singole molecole biologiche e di ricostruirne la forma in tre dimensioni. Un'altra tecnica è la ricopertura con una sottilissima patina metallica dei campioni necessaria per la microscopia elettronica a scansione.

I campioni per la microscopia a forza atomica possono venire seccati per stabilizzarli, ma spesso non richiedono una vera e propria fissazione: il vantaggio di questa tecnica è proprio unire un'alta risoluzione a condizioni vicine a quelle naturali. Tuttavia, è necessario immobilizzare il campione alla superficie su cui lo osserviamo, per esempio con ioni (come il magnesio) che si inseriscono come "ponte" tra le molecole biologiche e la superficie. La superficie stessa deve essere la più liscia e pulita possibile a livello atomico. La mica è un minerale naturale che si presta bene a questo scopo: è composto di strati cristallini naturalmente piatti, che si possono sfaldare semplicemente strappandoli con un pezzetto di nastro adesivo.

Colorazione

Quasi tutte le strutture cellulari sono trasparenti o semitrasparenti. Servono quindi stratagemmi per far risaltare i dettagli. Il più ovvio è colorare la cellula, sfruttando coloranti che hanno affinità - e quindi evidenziano - diversi organelli o componenti chimici [figura B]; spesso si usa anche un colorante di contrasto che dà un altro colore al resto della cellula, migliorando la visibilità.

La maggior parte dei coloranti sono tossici per la cellula ma alcuni possono essere usati per campioni viventi: si distingue tra coloranti vitali, che non uccidono le cellule e servono a distinguere tra cellule vive e morte, e non vitali, che possono essere usati solo su cellule fissate.

- Di seguito citiamo alcuni esempi di coloranti e colorazioni:
- Colorazione di Gram. Usata per identificare cellule batteriche fissate, è una combinazione di violetto di genziana e safranina. Il violetto colora la parete cellulare, mentre la safranina colora di rosa il resto della cellula. I batteri dotati di parete cellulare appaiono viola

(e sono detti Gram-positivi) mentre gli altri appaiono rosa chiaro (Gram-negativi).

- Propidio ioduro. Lega il DNA; il nucleo quindi si colora di fluorescenza rossa. Lega solo cellule morte; in questo senso è un colorante *vitale* perché discrimina tra i due casi.
- Trypan blue. Colorante vitale che si usa per distinguere cellule vive da morte in un campione; colora di blu le cellule non viventi.
- Ematossilina e eosina, due coloranti usati spesso insieme: l'eosina colora il citoplasma e le membrane cellulari di rosa/rosso, l'ematossilina colora i nuclei di blu o marrone. È uno dei tipi di colorazione più usati per osservare i tessuti umani o animali.
- Marcatori fluorescenti, sono coloranti che vengono aggancciati chimicamente a molecole biologiche di nostro interesse, come per esempio specifiche proteine, ad emettere luce visibile colorata se illuminati con luce ultravioletta. Sono molto usati in combinazione con la microscopia confocale: insieme fanno risaltare con precisione e in tre dimensioni dove si trovano le molecole che vogliamo studiare nella cellula. Le immagini mostrano solo i componenti che abbiamo voluto evidenziare, ma possono essere estremamente nitide e dettagliate. Un esempio particolare è l'ibridazione "in

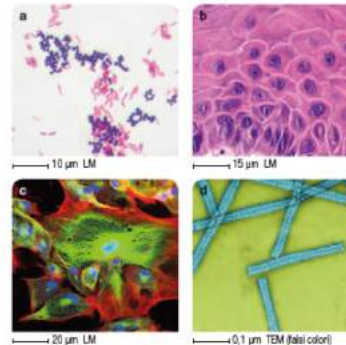


Figura B Colorazioni. (a) In un'unica immagine si vedono batteri Gram-positivi (in viola) e Gram-negativi (in rosa); (b) epidermide umana, colorata con ematossilina e eosina; (c) cellula della pelle umana (fibroblast) colorata con marcatori fluorescenti; i nuclei sono blu e le proteine actina e tubulina sono rispettivamente rossa e verde; (d) il contrasto tra lo sfondo e il virus del tabacco raffigurato è reso possibile dalla "colorazione" con acetato di uranile; le tinte verde e azzurra sono state aggiunte al computer.

Sviluppa le competenze

situ" fluorescente degli acidi nucleici, che permette di osservare, in una cellula, la presenza e posizione di un gene nei cromosomi.

- Acetato di uranile e altri sali di metalli ad alto peso atomico. Sono "coloranti" usati in microscopia elettronica; usiamo le virgolette perché non forniscono un colore reale, ma lo scopo è molto simile: rendendo lo sfondo del campione più opaco agli elettroni, fanno risaltare i materiali biologici trasparenti agli elettroni. Il risultato è una immagine elettronica più nitida e ricca di contrasti.

Illuminazione

Nella comune microscopia a campo chiaro la luce attraversa direttamente il campione e arriva all'occhio. Modulando in modo più raffinato il passaggio della luce dal campione alle lenti, per esempio nella microscopia a campo scuro è possibile migliorare il contrasto e il dettaglio senza usare coloranti, quindi su cellule vive e inalterate. Nella microscopia a contrasto di fase o contrasto di interferenza si usano tecniche ottiche avanzate che sfruttano e amplificano il modo in cui le onde luminose vengono distorte lievemente da organelli cellulari diversi [figura C].

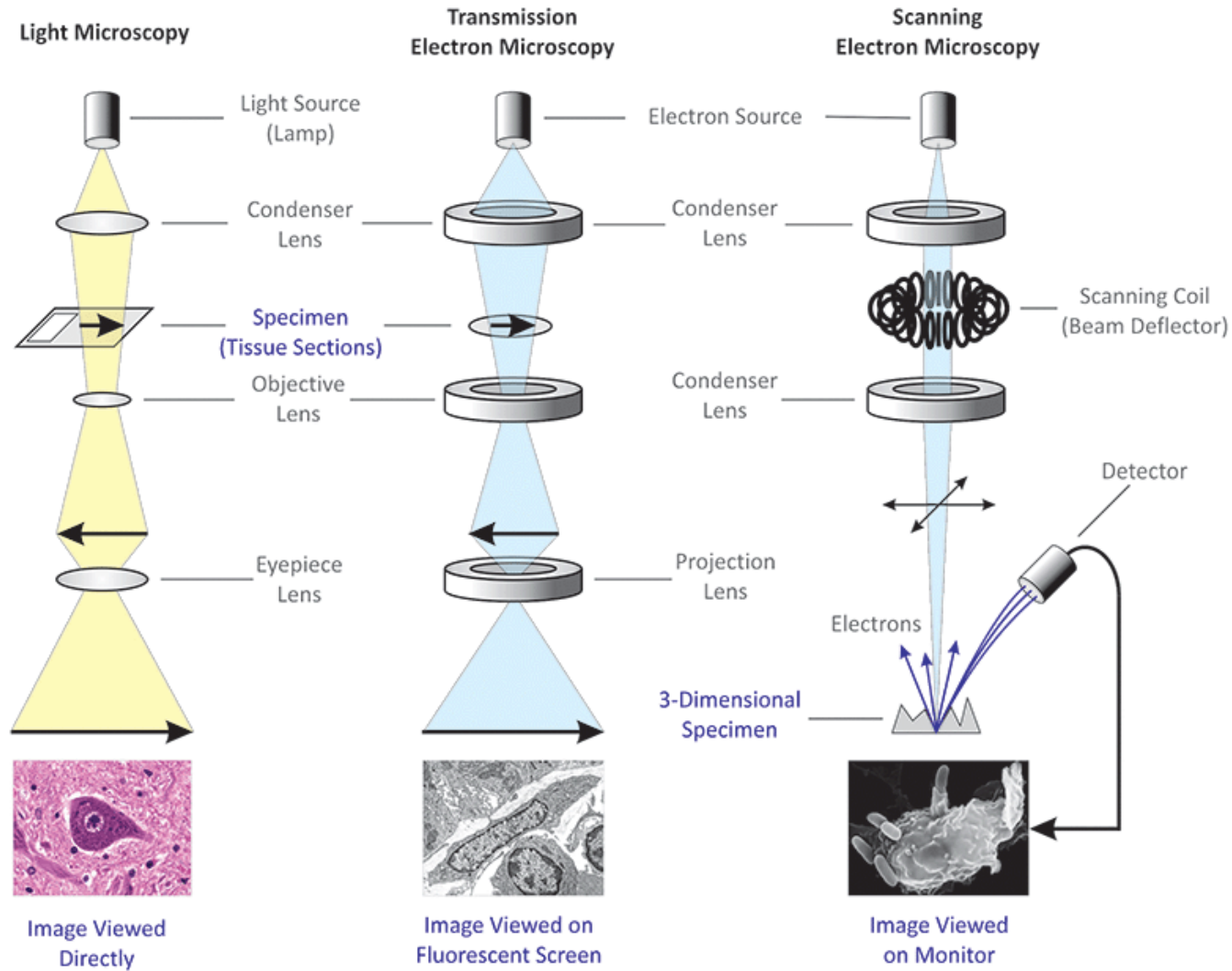
Un caso particolare è infine la microscopia confocale dove tutta la luce che vediamo origina da un singolo punto a fuoco dell'immagine e si evita così ogni interferenza dovuta a ciò che si trova intorno. Scansionando punto per punto il campione si può ricostruire una immagine in tre dimensioni.

Con tecniche molto avanzate di recente è stato possibile ottenere immagini in *superrisoluzione*, ovvero che mostrano dettagli più piccoli della lunghezza d'onda della luce. Si tratta di tecniche professionali complesse, che richiedono fonti luminose molto intense: in alcuni casi questo può danneggiare le cellule.



Figura C Contrasto di fase. Confronto tra immagine di una cellula al microscopio ottico illuminata a campo chiaro (sinistra) e a contrasto di fase (destra). Nell'immagine a contrasto di fase la cellula e i suoi organelli sono molto più visibili e definiti.

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: DALLA TECNOLOGIA ALL'ANALISI DI UN'IMMAGINE



INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: DALLA TECNOLOGIA ALL'ANALISI DI UN'IMMAGINE

Microscopio ottico



Microscopio elettronico



INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: DALLA TECNOLOGIA ALL'ANALISI DI UN'IMMAGINE

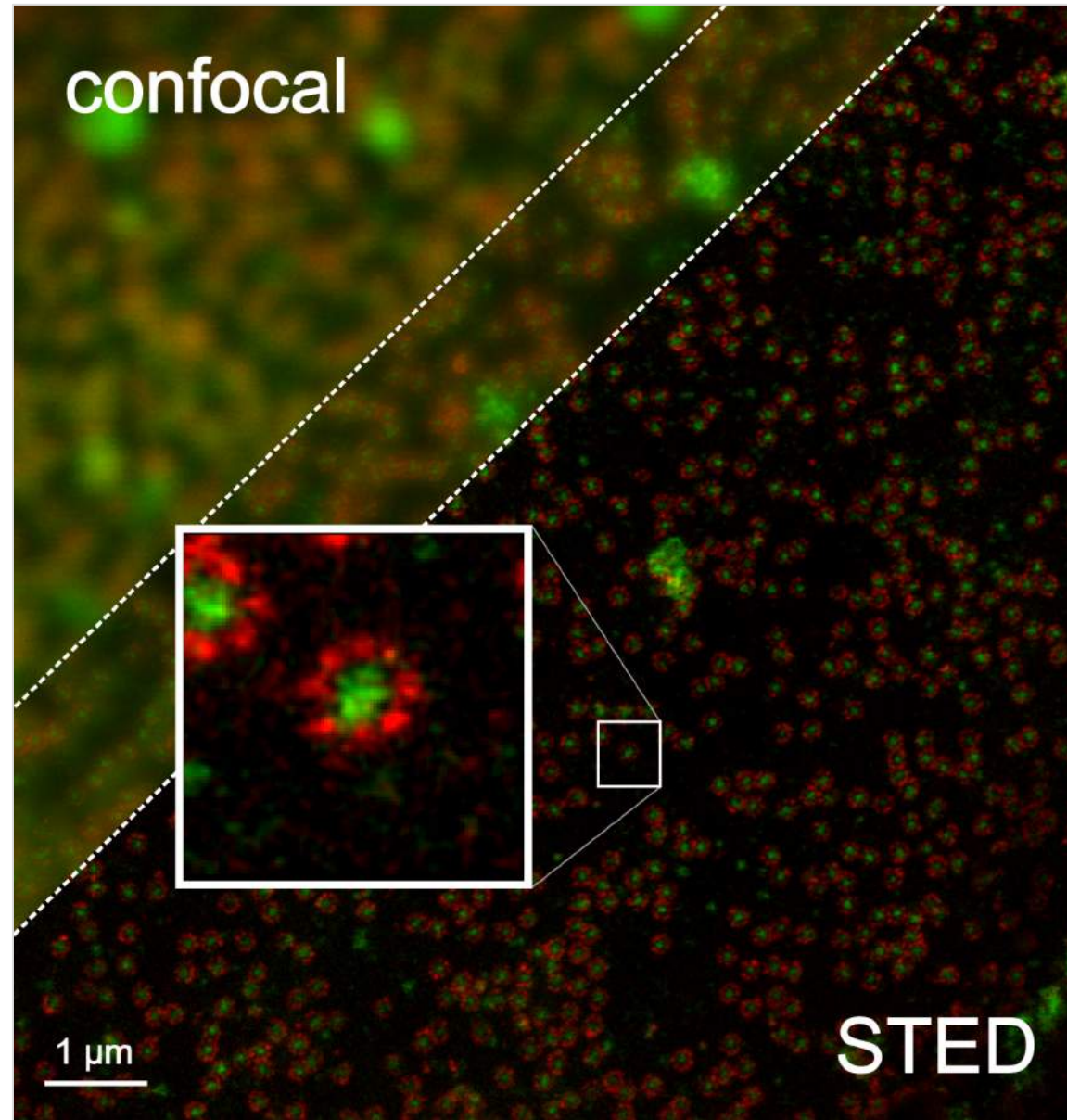
Microscopio ottico	Microscopio elettronico
La sorgente è un fascio di fotoni	La sorgente fascio di elettroni
La preparazione del campione richiede da poche ore a qualche giorno	La preparazione del campione richiede qualche giorno
I campioni da visualizzare possono essere vitali o fissati (morti)	I campioni da visualizzare sono sempre fissati (morti)
Oculare, condensatore e obiettivo sono formati da lenti in quarzo o silice	Le lenti sono elettromagnetiche
Basso potere di risoluzione (0,25-0,3μm)	Alto potere di risoluzione (0,001μm), circa 250 volte più alto del microscopio ottico
L'ingrandimento varia da 500X a 1500X	L'ingrandimento varia da 100000X a 300000X
Il campione da visualizzare deve essere di 5 μ m o più spesso	Il campione da visualizzare può essere di 0,1 μ m o più sottile
L'immagine può essere colorata o in B/N o traslucida	L'immagine è in B/N ed è ricolorata in computer grafica
Il campione può essere colorato con diverse tecniche citologiche	Il campione è rivestito da metalli pesanti per poter riflettere gli elettroni
L'immagine è osservata attraverso l'oculare o su uno schermo	L'immagine è osservata su uno schermo o su lastra fotografica
È usato per lo studio di tessuti e cellule e per analizzare campioni vitali	È usato per lo studio delle strutture cellulari ultramicroscopica e per studiare la morfologia superficiale di organismi e cellule

INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: DALLA TECNOLOGIA PIÙ INNOVATIVA ALL'ANALISI DI UN'IMMAGINE

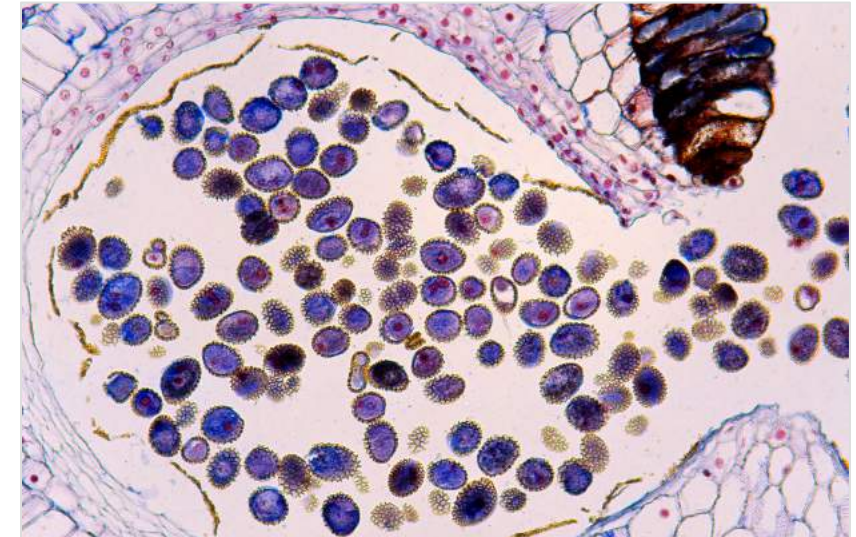
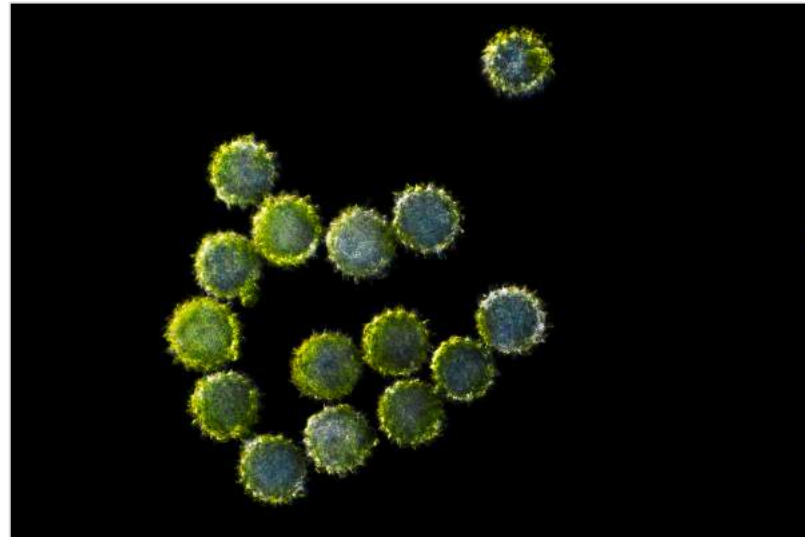
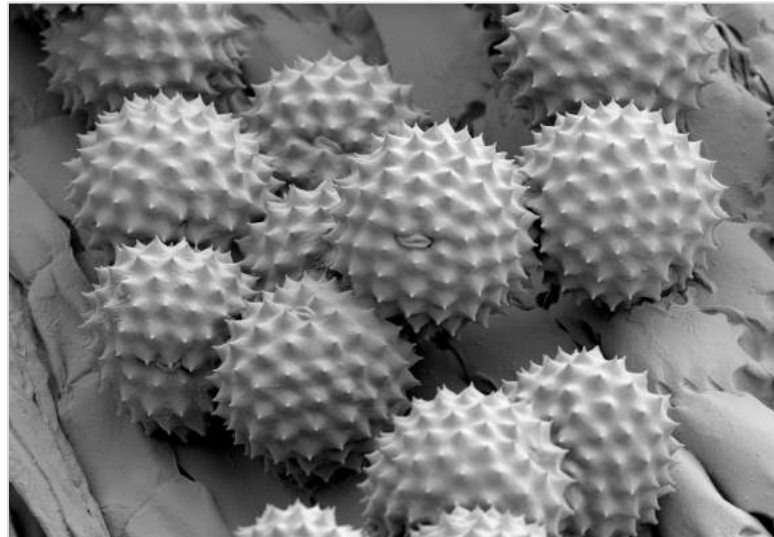
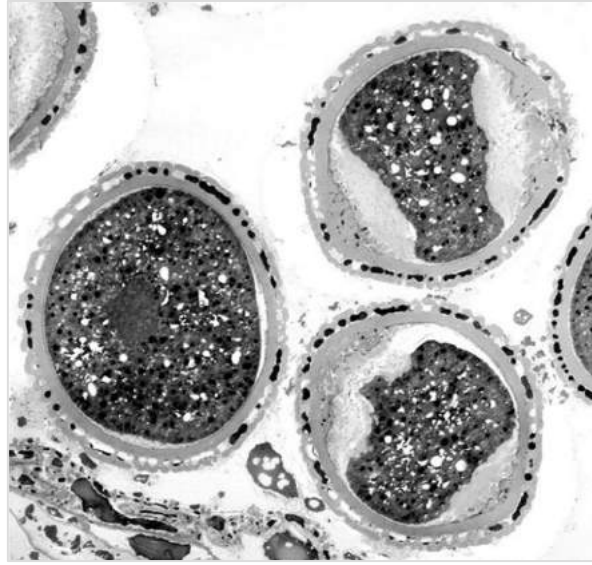
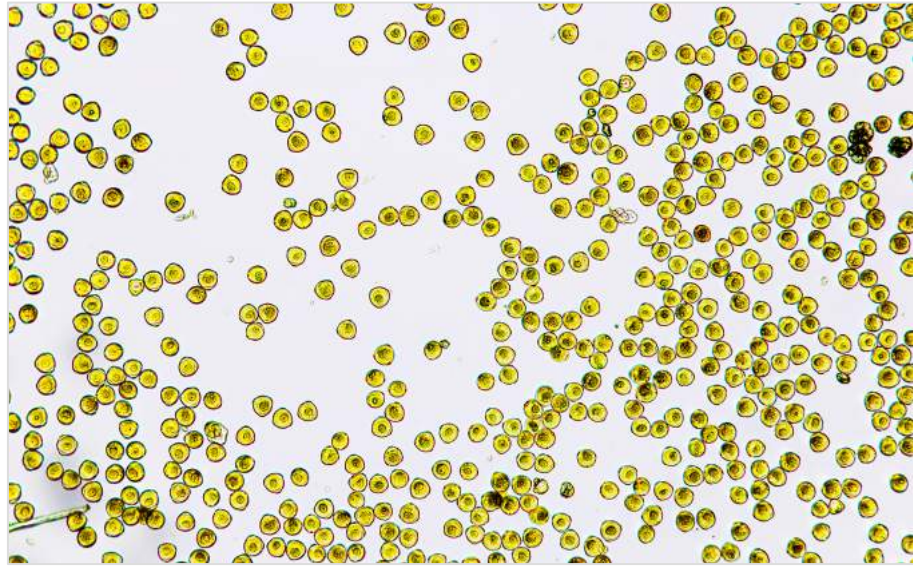
Un microscopio ottico a super risoluzione!

(Nobel per la Chimica 2014 a Eric Betzig, Stefan Hell e William Moerner per lo «sviluppo della microscopia a fluorescenza in super risoluzione»)

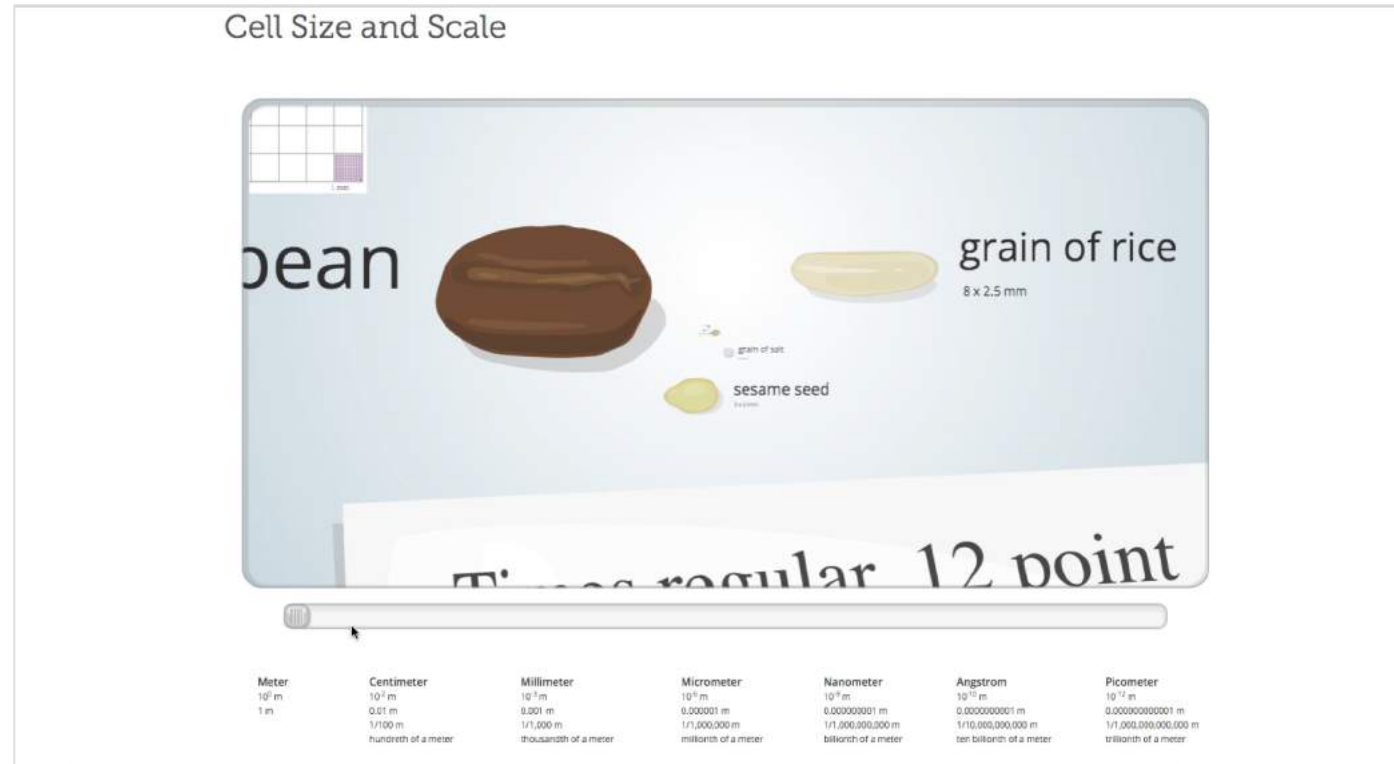
Per approfondire...
intervista a Stefan Hell:
<https://youtu.be/0NCNy6pVIZE>



Stesso polline, diverse prospettive



PER INIZIARE... *LEARN.GENETICS* (University of Utah)



<https://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/>

STRUMENTI PER LA DIDATTICA

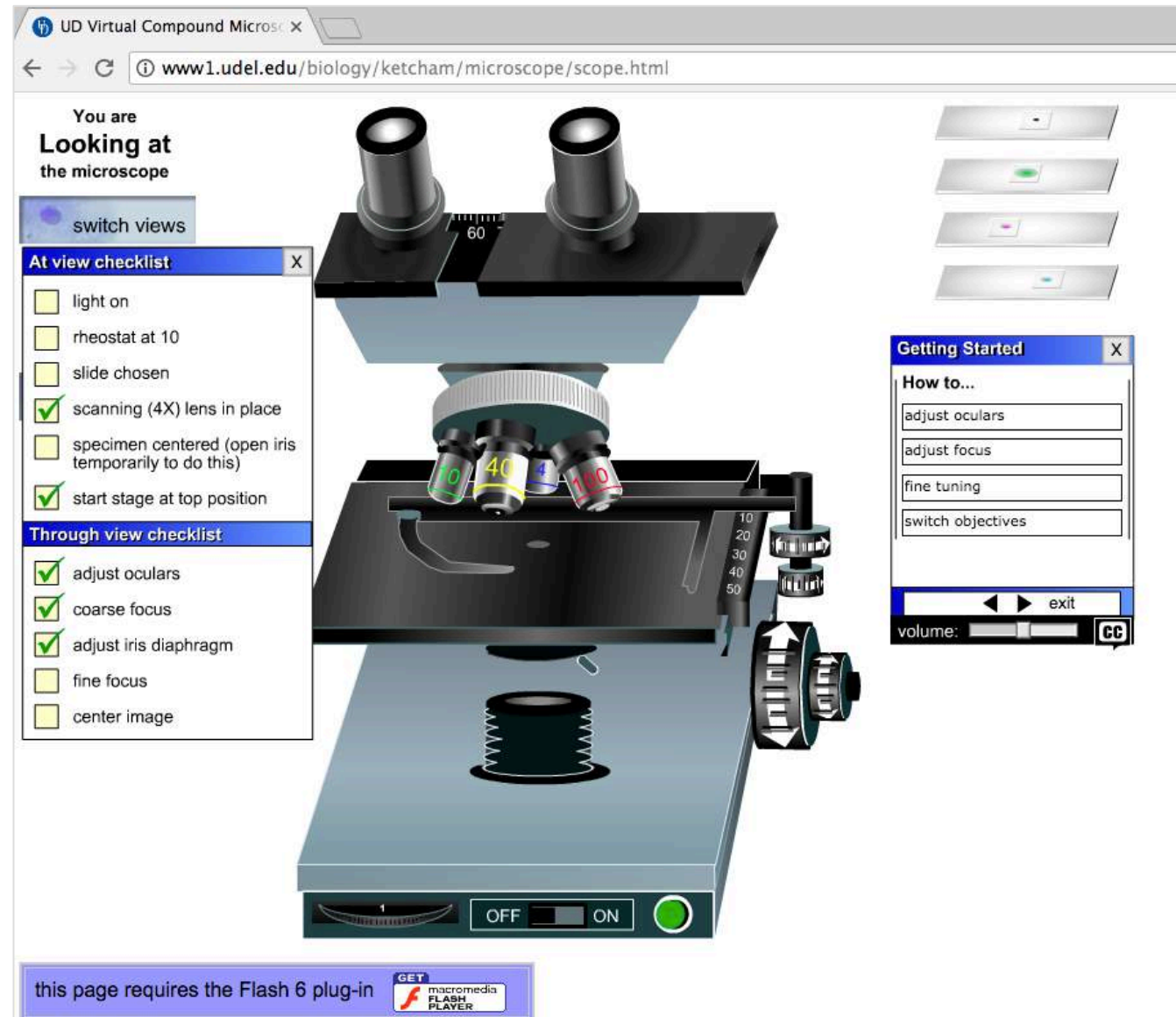
Microscopio virtuale

Microscopio virtuale sviluppato dall'Università del Delaware.

Permette di familiarizzare con lo strumento come se lo stessi usando da vivo, comprendendo la funzione di ogni singola componente.

Permette di osservare:

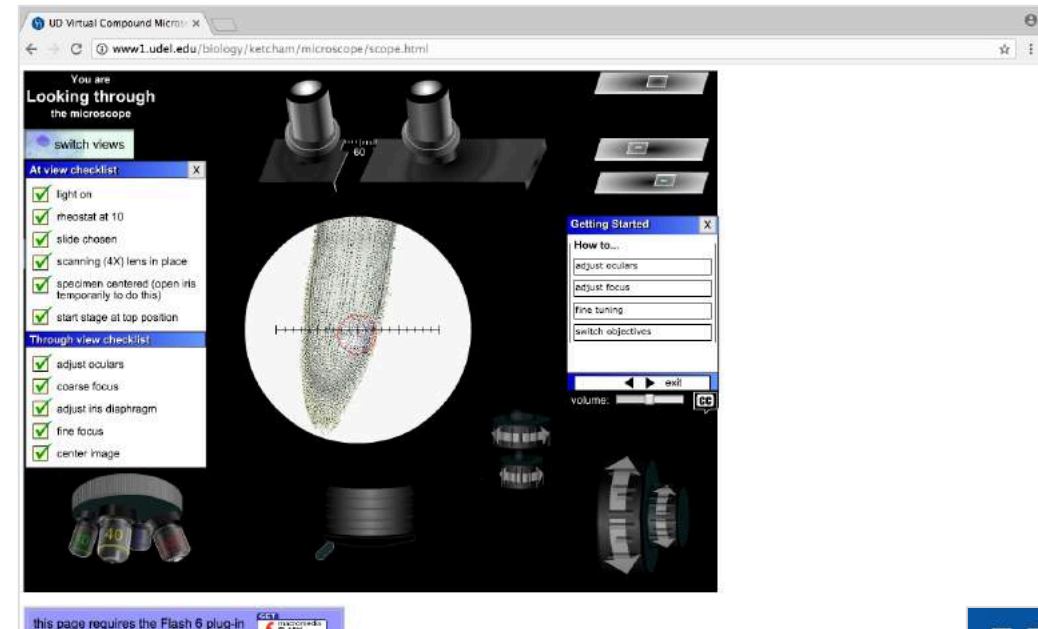
- lettera "e"
- apice radicale di cipolla
- capsula batterica
- cellule della mucosa buccale



<http://www1.udel.edu/biology/ketcham/microscope/scope.html>

STRUMENTI PER LA DIDATTICA

Microscopio virtuale




<http://www1.udel.edu/biology/ketcham/microscope/scope.html>

STRUMENTI PER LA DIDATTICA

Microscopio virtuale

Microscopio virtuale sviluppato dalla NASA.

Il *Virtual Microscope*, è liberamente scaricabile e simula diverse tipologie di microscopi (ottico, elettronico, a scansione di sonda), proponendo più di 90 campioni per l'analisi. È presente anche una sezione dedicata alla formazione sulla microscopia e i suoi principi.



The screenshot shows the homepage of the Virtual Microscope website. The header features a purple spiral logo and the text "Virtual Microscope" in white, with "Imaging Technology Group, Beckman Institute for Advanced Science and Technology, University of Illinois at Urbana-Champaign" below it. A navigation bar includes links for "home", "software", "data", "training", "results", and "downloads". The main content area is titled "The Virtual Microscope" and contains a screenshot of the software interface showing a 3D model of a sample and various data plots. Below this is a paragraph describing the project as a NASA-funded initiative. On the right side, there are sections for "Latest News" (with a link to "Specimen Download Bug Workaround Instructions"), "Related Sites" (listing various microscopy-related sites), "More Information" (with links to "Project Credits" and "Properly Acknowledge the Virtual Microscope Project"), and "Our Code Host" (with a SourceForge logo). At the bottom right, it says "Development Funded By" with the NASA logo.

<http://virtual.itg.uiuc.edu/>



STRUMENTI PER LA DIDATTICA

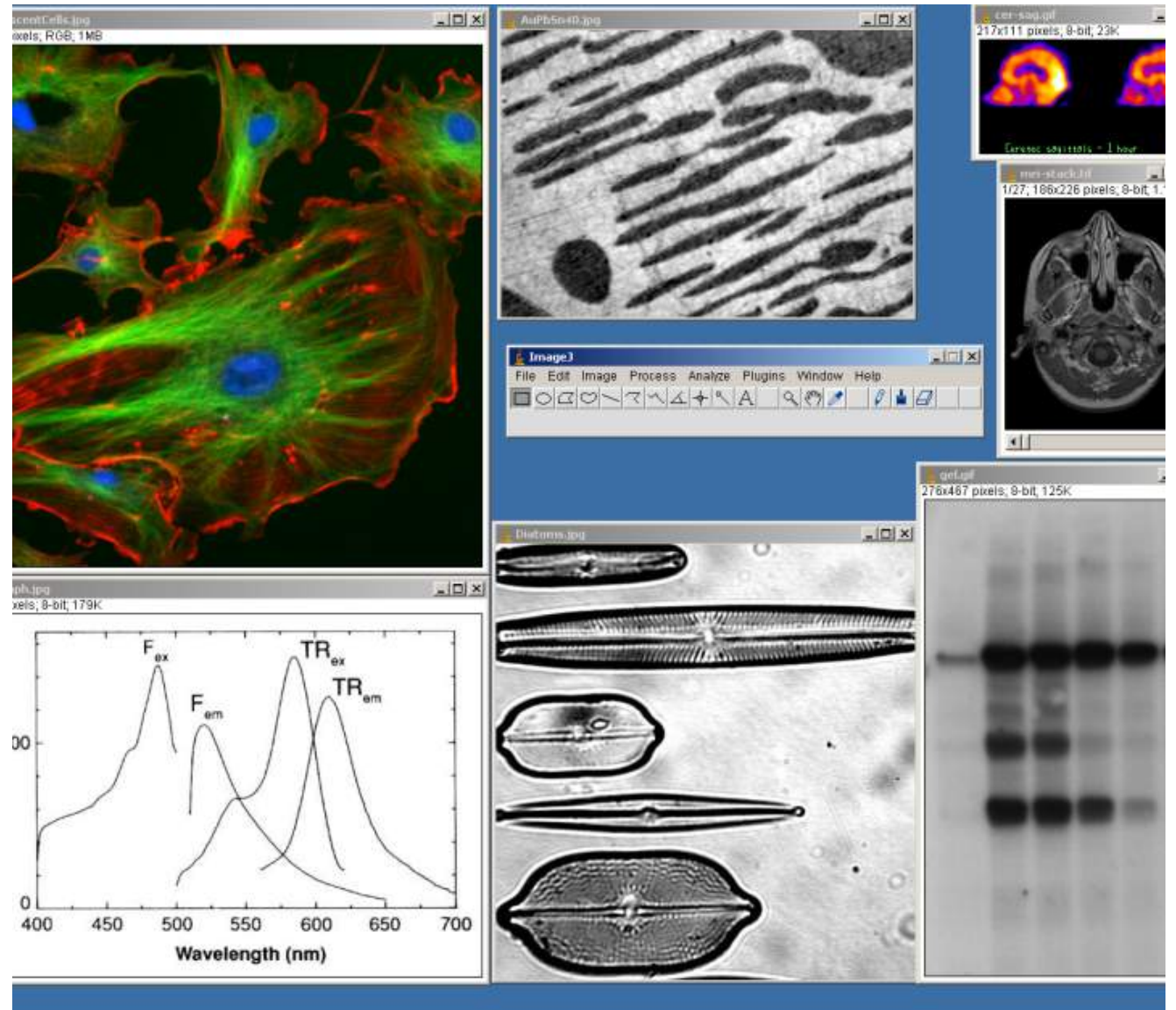
Analisi delle immagini



ImageJ

Image Processing & Analysis in Java

ImageJ è un programma liberamente scaricabile per l'elaborazione digitale delle immagini. Sviluppato dall'NIH (National Institutes of Health) degli Stati Uniti, è stato progettato in JAVA con una architettura aperta in modo da prevedere l'aggiunta di altre funzionalità attraverso piccoli sottoprogrammi "plugin Java".



STRUMENTI PER LA DIDATTICA

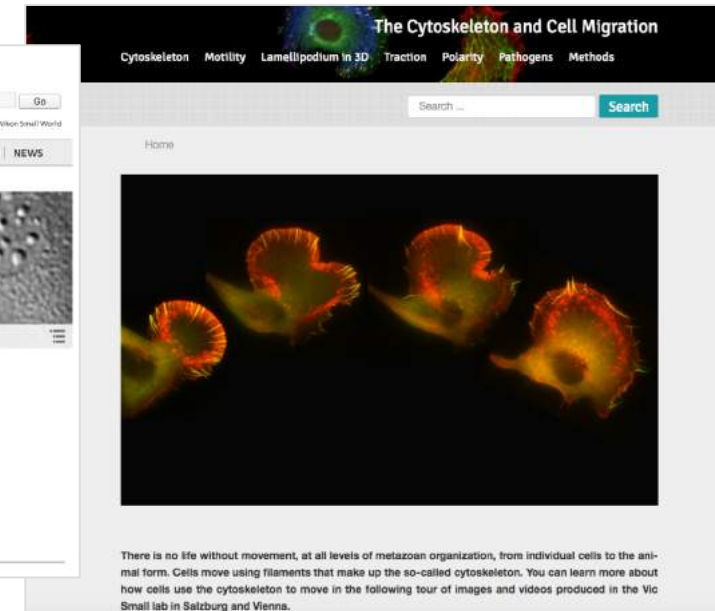
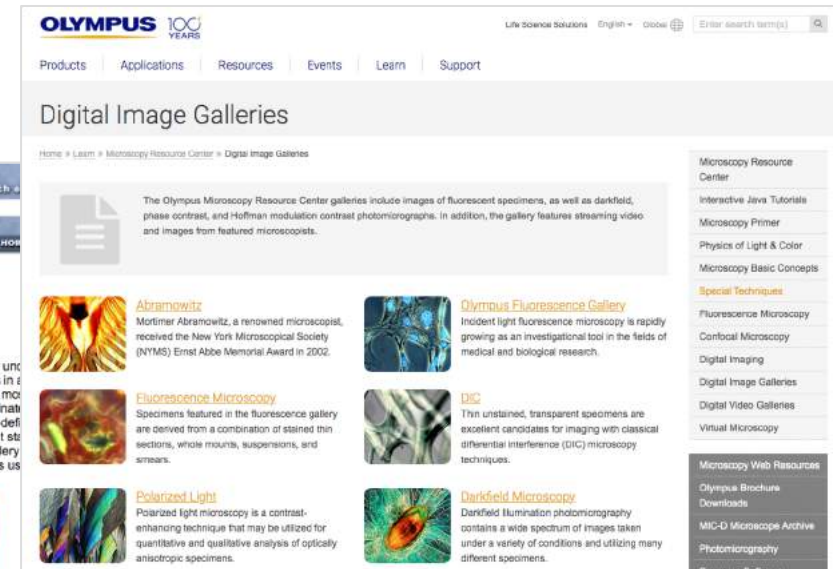
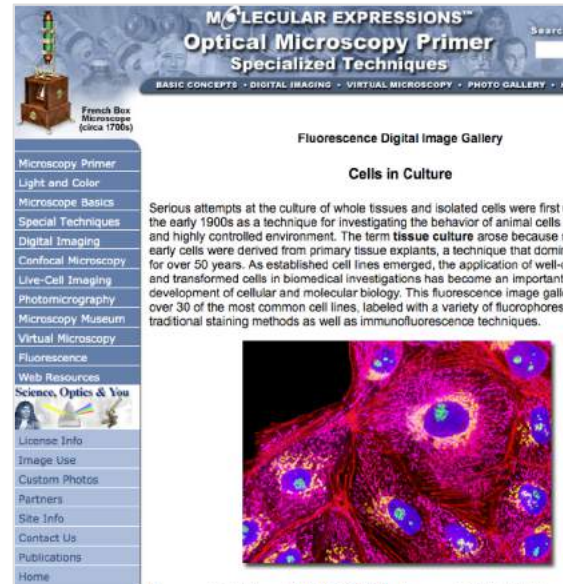
Un po' di risorse per le immagini...

IMMAGINI

- Una galleria di immagini microscopiche (<https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/galleries/>)
- Una galleria di immagini in fluorescenza (<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/techniques/fluorescence/gallery/cells/index.html>)

VIDEO

- Un tour sulla motilità cellulare dell' Institute of Molecular Biotechnology of the Austrian Academy of Sciences (<https://cellix.imba.oeaw.ac.at/>)
- La motilità cellulare by Nikon (<https://www.microscopyu.com/galleries/cell-motility>)

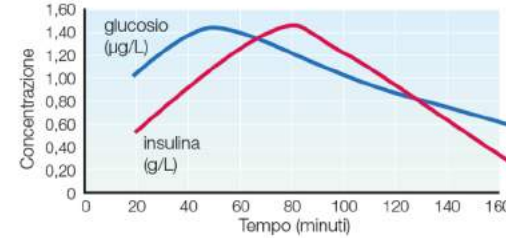


INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA: NON SOLO IMMAGINI «TECNICHE»

La visualizzazione è una componente critica di tutte le discipline scientifiche.

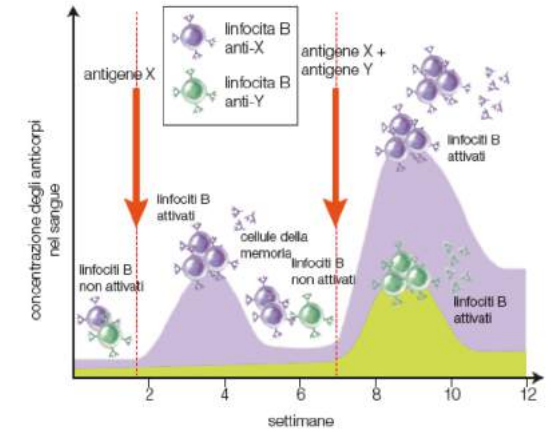
Nella biologia la *visual literacy* non può essere ridotta alle sole immagini tecniche (micrografie, corse elettroforetiche, immagini ecografiche o autoradiografiche), ma occorre lavorare su grafici, disegni, schematizzazioni, alberi genealogici, allineamenti di sequenze nucleotidiche/amminoacidiche, cladogrammi, formule chimiche, strutture 3D, ecc.).

43 Interpretare immagini Nel grafico sotto l'andamento dell'assunzione di 70 g di glucosio disciolti in 300 ml di acqua è riportato in colore blu. Man mano che beviamo, la concentrazione di glucosio aumenta. Seguendo con dei prelievi ematici la variazione della quantità di glucosio ($\mu\text{g/L}$) e di insulina (g/L) nel sangue si nota che quest'ormone ha un picco (linea rossa) dopo circa un'ora dall'assunzione di glucosio; la sua quantità scende velocemente dopo due ore. Nel corso del tempo anche la concentrazione di glucosio nel sangue cala.



- Come varia il tasso di glucosio nel sangue?
- Perché i due grafici sono sfasati?
- Che ruolo svolge l'insulina e qual è l'ormone con effetto opposto?

44 Interpretare immagini Il nostro sistema immunitario è in grado di distinguere una cellula sana da una modificata e di riconoscere cellule e sostanze estranee. La risposta immunitaria può essere altamente specifica contro un singolo antigene; inoltre, le risposte a esposizioni successive, dette risposte secondarie, sono più rapide, più intense, e anche qualitativamente diverse dalla risposta originale.



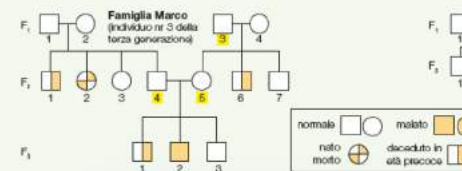
- Che cosa rappresenta l'immagine?
- Che differenze ci sono tra i picchi viola e quelli verdi?
- Descrivi il ruolo delle varie classi di linfociti B.

Problema

L'immunodeficienza combinata grave

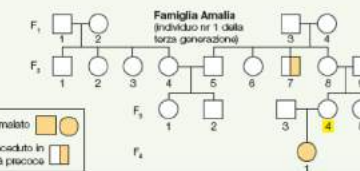
L'immunodeficienza combinata grave (SCID, *severe combined immunodeficiency*) rappresenta un gruppo di patologie rare caratterizzate dall'alterazione del sistema immunitario. Tra queste, l'ADA-SCID si manifesta già nei primi mesi di vita; il sistema immunitario dei bimbi affetti da ADA-SCID è così compromesso che il loro organismo non riesce a difendersi da infezioni comuni come il raffreddore. L'ADA-SCID è una malattia trasmessa geneticamente come carattere autosomico recessivo. È causata da un'alterazione del gene ADA, responsabile della produzione dell'enzima adenosina deaminasi il quale è importante per un corretto sviluppo del sistema immunitario. La diagnosi della patologia è effettuata con analisi di laboratorio che misurano l'attività dell'enzima ADA e con analisi genetiche. In una famiglia che presenta casi di ADA-SCID, si può eseguire anche un'analisi genetica prenatale.

- Marco e Amalia sono una giovane coppia in attesa di un bambino. Qui sotto sono riportati i loro alberi genealogici; ipotizza il genotipo di Marco e quello di Amalia relativamente al gene ADA, motivando le tue risposte e indicando anche il genotipo



dei parenti evidenziati in giallo. Consigliaresti alla coppia di svolgere, al momento opportuno, la diagnosi prenatale? Per quale motivo?

- Il sintomo principale dei neonati affetti da ADA-SCID è la presenza di infezioni ricorrenti, spesso sostenute da germi normalmente innocui per l'uomo, che causano febbre e infiammazioni in varie parti del corpo. Inoltre, lo stesso patogeno può provocare infezioni multiple a distanza di breve tempo. Ipotizza quale parte del sistema immunitario è compromessa in pazienti affetti da ADA-SCID. In particolare, quali cellule del sistema immunitario pensi siano danneggiate?
- Dall'analisi ematica effettuata alla nascita su neonati affetti da ADA-SCID, emergono livelli di immunoglobuline differenti dai valori riscontrati in neonati non affetti da tale patologia. Considerando che le uniche immunoglobuline in grado di attraversare la barriera placentare sono le IgG, quali differenze ti aspetteresti tra i livelli dei vari tipi di immunoglobuline in un neonato affetto da ADA-SCID e in un neonato sano?
- Una immunodeficienza molto frequente ai giorni nostri è la sindrome da immunodeficienza acquisita, o AIDS. Indica la differenza tra l'agente eziologico dell'ADA-SCID e quello dell'AIDS. Possono le scienze biomediche aiutare a prevenire l'insorgenza di queste patologie? In che modo?



**UNA PROPOSTA FORMATIVA DISEGNATA
INTORNO AI BISOGNI DEGLI INSEGNANTI**



**FORMAZIONE
SU MISURA**

SCUOLAOGGIDOMANI.IT



webinar@mondadorieducation.it

www.mondadorieducation.it