

9. La vita nell'acqua ... e l'acqua nella vita

Risultato

Giudicare l'importanza dell'acqua in rapporto agli esseri viventi

Attività

1. Analisi di laboratorio
2. Elaborazione dati utilizzando strumenti informatici
3. Raccogliere dati anche utilizzando supporti multimediali

Competenze

- Utilizzare strumenti di laboratorio
- Riconoscere l'importanza dell'acqua nelle forme di vita vegetali e animali.
- Riconoscere i percorsi dell'acqua nelle forme di vita animali e vegetali.
- Tabulare dati

Pre-requisiti

- Conoscere ed utilizzare strumenti di laboratorio
- Conoscere la fisiologia delle piante e degli animali
- Conoscere la biologia delle forme di vita

Contenuti

- L'acqua e lo sviluppo della vita
- L'acqua ed i vegetali
- L'acqua e gli animali

Modalità formative

- Lezione dialogica
- Analisi di laboratorio
- Lavoro di gruppo
- Attività operativa

Modalità di valutazione

- Relazione tecnica delle esercitazioni svolte
- Test
- Prove strutturate

Competenze certificate

- Riconoscere l'importanza dell'acqua per le forme di vita terrestri, riconosce il percorso fisiologico e biologico, elaborare un giudizio, ipotizzare modalità d'intervento.



Suddivisione in moduli e UD

Mod.	Unità didattica	Obiettivi	Contenuti	Metodologia e strumenti
1	La vita nell'acqua e l'acqua nella vita	<ul style="list-style-type: none"> • Spiegare la provenienza dell'acqua • Comprendere lo sviluppo della vita primordiale • Ricerca delle forme di vita primordiali 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La Terra agli albori 2. Perché c'è acqua sulla Terra 3. Nascita e sviluppo della vita 	Libri di testo Quaderno di lavoro Strumenti informatici
2	L'acqua ed i vegetali	<ul style="list-style-type: none"> • Riconoscere nelle piante, le proprietà chimico-fisiche dell'acqua • Identificare le parti di una pianta • Comprendere la fisiologia 	<ol style="list-style-type: none"> 4. La fotosintesi 5. Trasporto di acqua nelle piante 6. Pressione radicale 7. Il meccanismo di coesione-adesione-tensione 8. Trasporto di nutrienti 9. Deficit idrico 	Libri di testo Quaderno di lavoro Strumenti informatici
3	L'acqua e gli animali	<ul style="list-style-type: none"> • Riconoscere negli animali le proprietà chimico-fisiche dell'acqua • Comprendere la fisiologia animale • Comprendere la necessità di acqua • L'acqua e il corpo umano 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adattamento degli animali 2. Movimenti dell'acqua 3. Acqua nel corpo umano 4. Regolazione della temperatura corporea 5. la sete 6. Alterazione del bilancio idrico 7. Equilibrio idrico nei pesci 	Libri di testo Quaderno di lavoro Strumenti informatici

Capitolo 1

Origini della vita - Cronologia



Figura 1

nome	formula molecolare	formula di struttura	modelli spaziali	
			a bastoncini e pallini	a spazio pieno
idrogeno	H_2	$H-H$		
acqua	H_2O	$H-O-H$		
ammoniaca	NH_3	$H-N-H$ H		
metano	CH_4	H $H-C-H$ H		

Figura 2

La Terra agli albori.

Circa 4,7 miliardi di anni fa, nacque la Terra. Era molto diversa da come noi oggi la conosciamo, ma aiutandoci con la fantasia, possiamo provare ad immaginarla. Era priva di ogni forma di vita, (fig1) animale e vegetale, con vulcani in ogni luogo, che rendevano l'ambiente tetro ed inospitale e l'aria irrespirabile. L'atmosfera non era certo quella dei giorni nostri, ma era composta di gas che per noi oggi sarebbero mortali come: anidride carbonica (CO_2), ossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH_3), metano (CH_4), (fig2) acido solfidrico ed infine **vapore acqueo**. L'ossigeno, essenziale per le forme di vita presenti oggi sulla Terra, non era presente.

La mancanza di ossigeno nell'atmosfera primitiva ci porta ad una considerazione importante: le prime forme di vita devono essere state capaci di vivere in assenza di ossigeno. Inoltre la presenza di ossigeno avrebbe impedito l'evoluzione della vita. L'ossigeno è infatti un gas chimicamente reattivo e se fosse stato presente nell'atmosfera primitiva i **composti organici**, formatisi naturalmente, sarebbero stati distrutti. I composti organici, sono composti a base di carbonio che sono alla base della vita. Il nome "organici", venne coniato tanto tempo fa, quando si pensava che questi composti fossero costituiti solamente dalle cellule viventi. Come si è formato l'ossigeno? Come si sono formati i composti organici? E come è nata la vita? Sono domande importanti a cui cercheremo di dare una risposta.

Perché c'è acqua sulla Terra?

Gli studiosi hanno potuto risalire all'atmosfera primitiva, proprio analizzando le emissioni vulcaniche. Sono infatti tuttora presenti molti vulcani sul nostro pianeta ed emettono esattamente le stesse sostanze di quel tempo. Il vapore acqueo presente si condensava causando forti precipitazioni. Piovve probabilmente per milioni di anni: il primo "diluvio universale". Cominciarono a formarsi così i primi laghi, i mari ed i fiumi. All'inizio della storia geologica della Terra, tutta l'acqua era dolce. Col tempo, però, negli oceani si andò depositando una grande quantità di sali minerali, dilavati dalle piogge e trasportati dai fiumi.

A causa della continua evaporazione dalle masse marine, la concentrazione di sali aumentò sempre più, rendendo salata l'acqua di mare. Il vapore che si innalza dal mare, infatti è privo di ogni traccia di sale. Per questo l'acqua che ricade sulla Terra sotto forma di pioggia è dolce e va a costituire i laghi, i fiumi, le paludi e le masse glaciali.

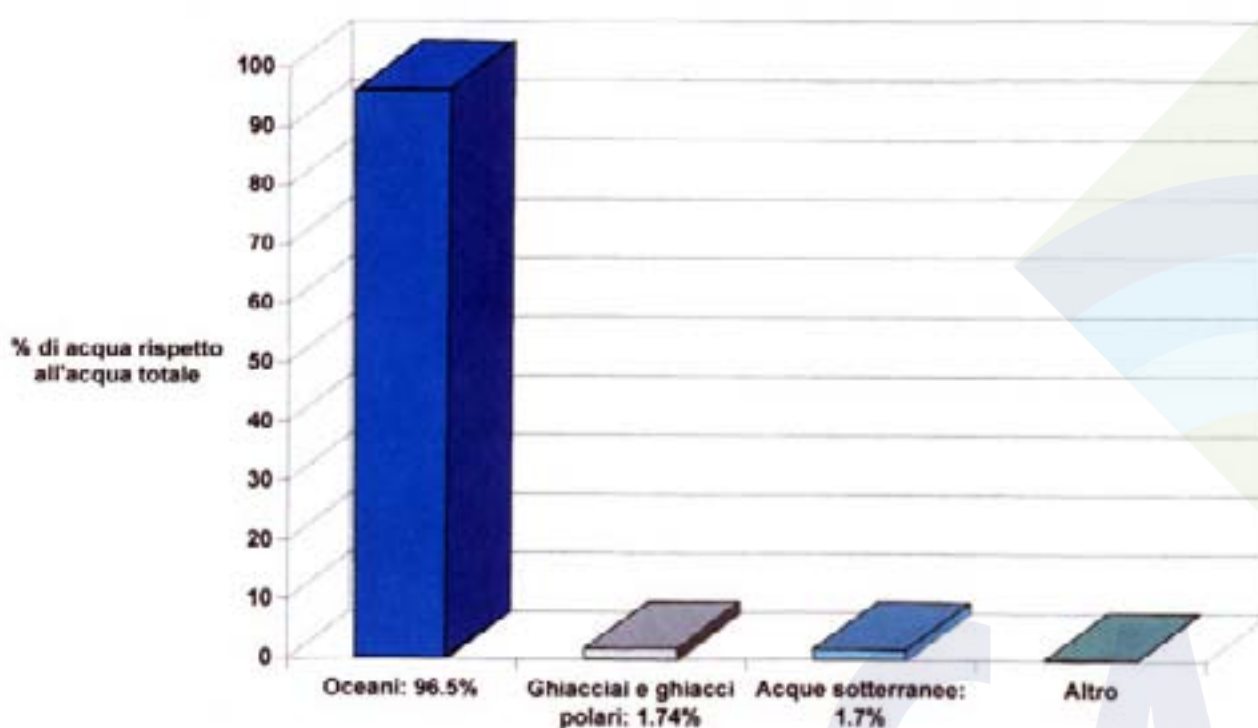


Figura 3

Oggi la Terra è coperta per il 75% di acqua e solo il 3% si presenta dolce, quindi disponibile per le attività dell'uomo come l'uso domestico, l'agricoltura e l'industria, ma il 2% costituisce le calotte polari, perciò non è disponibile in quanto presente sotto forma di ghiaccio (fig3).

Il 97% dell'idrosfera (cioè la totalità dell'acqua presente sulla Terra) è costituito dall'acqua presente sulla Terra) è costituito dall'acqua marina che come tutti sanno è salata: contiene cioè un'elevata quantità di sali minerali che la rendono inutilizzabile per gli animali e per l'uomo e praticamente velenosa per la maggior parte della vegetazione terrestre. Da queste percentuali è evidente che molta acqua dolce risulta inutilizzabile ed è altrettanto evidente quanto le risorse idriche dell'uomo siano in realtà limitate: a sua disposizione resta lo 0,01% dell'idrosfera, circa 10000 chilometri cubi, conquistati in parte grazie alla costruzione di dighe e sbarramenti artificiali. Questa quantità di acqua è teoricamente sufficiente per 20 miliardi di persone. Le risorse però non sono distribuite uniformemente: se in Nord America la quota per persona è di 22800 metri cubi, in Africa scende a 5500.

La maggior parte dell'acqua, infatti, è concentrata in alcuni bacini in Siberia, nella regione dei grandi laghi in Nord America, nei laghi Tanganika, Vittoria e Malawi in Africa, mentre il 27% è costituita dai cinque più grandi sistemi fluviali: il Rio delle Amazzoni, il Gange con il Bramaputra, il Congo, lo Yangtze e l'Orinoco. Alcuni scienziati ritengono plausibile l'ipotesi che l'acqua sul nostro pianeta sia arrivata anche con l'aiuto di stelle comete. Esse infatti sono costituite in gran parte da ghiaccio e precipitando sulla Terra, ci hanno donato il loro prezioso carico di acqua.

Storia del microscopio

Il Rinascimento fu un periodo di invenzioni quali la stampa, la polvere da sparo...Ma un'invenzione assai più nobile fu quella del microscopio (vedi percorso 4): un oggetto senza il quale, molte scoperte riguardanti la biologia, non si sarebbero potute effettuare. Tramite una lente o più lenti combinate è in grado di ingrandire piccoli oggetti e di entrare in un nuovo affascinante mondo mai visto prima d'ora. Già prima del microscopio si sapeva che, osservando qualcosa interponendo una lente di cristallo, l'immagine appariva più grande e, addirittura, in presenza di sole, l'oggetto osservato poteva essere incendiato. Questo era già conosciuto dagli antichi greci.

Il primo rudimentale microscopio era composto da una semplice lente, un tubo e un piattino sul fondo.

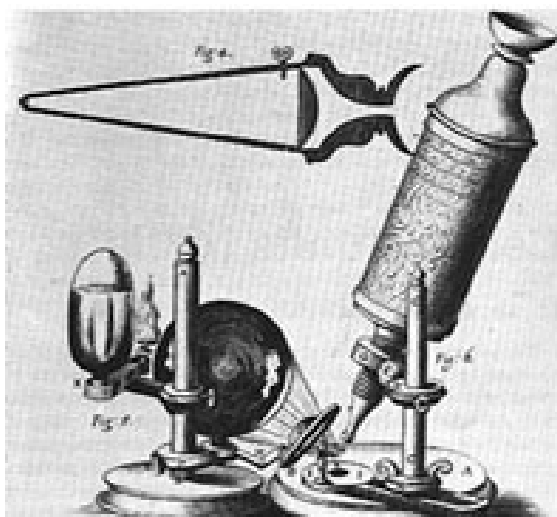


Figura 4



Figura 5



Figura 6

Ciò permetteva un ingrandimento di circa 10 volte. Ma già gli studiosi che osservavano i campioni attraverso questo rudimentale strumento ne restavano affascinati.

Nel 1590 due olandesi, Zaccharias Janssen e suo figlio, osservarono che, aumentando il numero delle lenti in un tubo, regolandone la distanza e la grandezza, l'oggetto osservato diventava incomparabilmente più grande. Era l' antesignano del microscopio composto e del cannocchiale sviluppato poi da Galileo in Italia. Un altro olandese, Anton van Leeuwenhoek, considerato il padre del moderno microscopio, riuscì, dando delle particolari curvature alle lenti, a raggiungere fino a circa 300 ingrandimenti! Riuscì in questo modo a vedere batteri, la minuscola vita in gocce d'acqua di palude e migliaia di altre cose invisibili fino ad allora.

Nascita e sviluppo della vita sulla Terra

Le testimonianze delle prime forme di vita (fossili batterici)(fig.6), sono stati datati circa 3,5 milioni di anni fa. Da qui in avanti l'evoluzione della vita risulterà inarrestabile.

Per secoli filosofi e scienziati alimentarono discussioni su come la vita avesse avuto origine. Essi osservarono che le forme di vita di uno stagno, pesci, anguille, scomparivano quando lo stagno si asciugava, per poi ricomparire una volta che gli stagni si riempivano nuovamente di pioggia! I microscopi erano sconosciuti, per cui non era facile osservare le uova dei pesci che rimanevano negli stagni prosciugati, così prese piede la teoria della "vita da non vita". Gli studiosi credevano di fatto alla teoria della **generazione spontanea della vita** dalla terra e questa teoria fu ampiamente accettata dal IV secolo A.C. al XVII secolo D.C. fino a quando, nel 1828, il chimico tedesco Friedrich Woehler riuscì a sintetizzare in laboratorio un composto organico, l'urea, di cui era nota la formazione solamente negli animali e l'escrezione nell'urina. Da allora molti composti organici differenti sono stati sintetizzati nei laboratori dai chimici e iniziarono finalmente ad esistere le prime ipotesi sulla comparsa delle primitive forme di vita. Si iniziò a considerare l'ipotesi che l'acqua fosse alla base della nascita della vita. Si pensava infatti che dopo la formazione delle prime pozze d'acqua, all'interno di esse si fossero generati i primi composti organici. Le radiazioni ultraviolette pro-

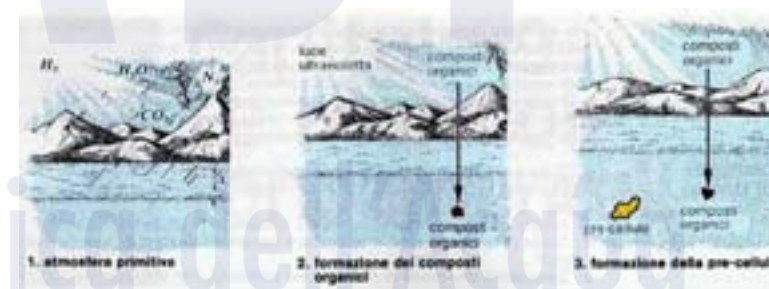


Figura 7

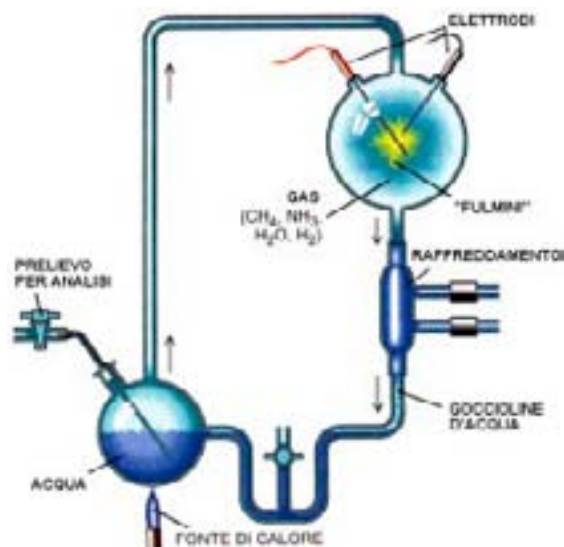


Figura 8

venienti dal Sole, l'energia elettrica dei fulmini, le radiazioni delle rocce radioattive e il calore dei vulcani, scissero le molecole di gas dell'atmosfera primitiva e ricostituirono composti organici mescolando tra loro gli atomi di idrogeno, carbonio, azoto e ossigeno (presente nell'acqua) (fig.7).

Era una teoria interessante, ma c'era bisogno di una conferma sperimentale. Fu così che, in seguito a questa scoperta, Harold Urey e Stanley Miller lavorarono insieme all'università di Chicago per cercare di capire quali composti organici si formarono prima che sorgesse la vita. Cercarono di riprodurre in laboratorio le condizioni che avrebbero potuto esistere sulla Terra primitiva. Qualche tempo dopo Miller, che ora era all'università della California, costruì un apparecchio a tenuta d'aria illustrato nella (figura 8); mise i gas ammoniaci, metano, idrogeno nell'apparecchio e li fece circolare contemporaneamente ad una scintilla elettrica ad alta energia. Calore e vapore acqueo erano forniti da un recipiente d'acqua in ebollizione collegato all'apparecchio. Man mano che il vapore acqueo circolava, si raffreddava e si condensava sotto forma di pioggia.

Così Miller riprodusse alcune delle condizioni esistenti nell'atmosfera primitiva: gas, calore, pioggia e scariche elettriche (i fulmini), indispensabili per azionare i meccanismi di reazione tra i vari componenti. Dopo una settimana Miller notò che il liquido all'interno dell'apparecchio aveva assunto una colorazione rossa. Le analisi chimiche, dimostrarono che si erano formati all'interno dell'apparecchio, composti che all'inizio dell'esperimento non erano presenti. Gli atomi e le molecole iniziali si erano ricombinati formando composti organici già conosciuti che Miller identificò: erano gli **aminoacidi**.

Questa scoperta fu entusiasmante, perché gli aminoacidi sono le unità che costituiscono **le proteine**, i composti organici fondamentali che formano le cellule, chiamati anche i mattoni della vita: infatti nessuna forma di vita risulta possibile senza proteine. Certamente questo esperimento ebbe un notevole valore scientifico; anche se non si è certi che la vita sulla

Terra sia nata in seguito a questo processo, è molto probabile che la strada percorsa sia stata molto simile. Certo, con questo esperimento, siamo ancora molto lontani dal capire come sono nate le prime vere forme di vita, ma siamo sulla buona strada. Il secondo passo fu cercare di capire come gli aminoacidi si sono uniti per formare le proteine. Sidney Fox che studiava alla Florida State University, cercò di trovare la soluzione a questo problema. Scaldò una miscela secca di aminoacidi a temperature superiori ai 100°C. L'acqua presente all'interno della miscela evaporò e il risultato furono molecole più grandi e più complesse degli aminoacidi iniziali e che possedevano talune proprietà delle proteine. Questo esperimento aveva fornito ulteriori prove per definire come possono essersi formate molecole complesse a partire da composti organici.

Ricapitolando, sul nostro pianeta primordiale ricoperto di vulcani, che emanano gas per noi tossici, sotto un diluvio universale, in pozze fangose, abbiamo visto apparire gli aminoacidi, che a loro volta hanno formato le proteine che sono alla base della vita! Fantastico! Ma ora dobbiamo anche capire come si sono unite tra loro le proteine.

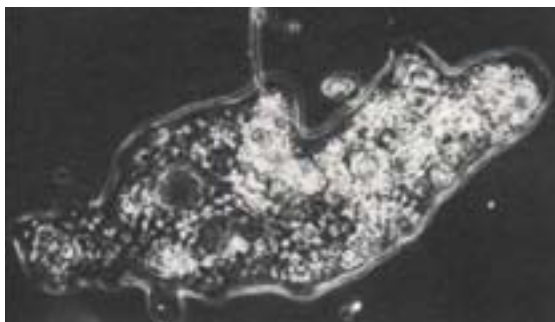
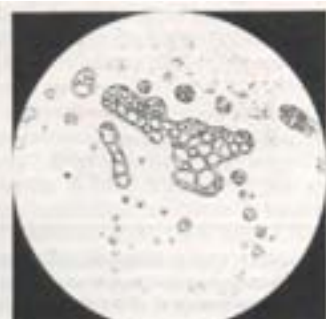


Figura 9



L'ipotesi più accreditata sostiene che nelle pozze d'acqua si sia formata col tempo, una concentrazione tale di molecole proteiche, che con l'aiuto dell'acqua, si sono unite dando origine ad un insieme denominato **coacervato** che in greco significa "ammassato" (fig 9).

Le proteine in acqua acquistano una carica elettrica ed attraggono le molecole d'acqua che formano una sorta di involucro che racchiude, isolandola al suo interno, una piccola quantità della soluzione di partenza: il coacervato come illustrato nella figura 10.

Le sostanze organiche complesse che si accumulavano al suolo e nei mari della Terra primitiva sembrano possedere proprietà che prefigurano quelle della vita e tuttavia siamo ancora ben lontani da ciò che potrebbe essere definito un organismo vivente. L'osservazione al microscopio elettronico di questi piccolissimi globuli di sostanza organica mette in evidenza l'esistenza di una doppia membrana di protezione. La struttura a doppio strato che delimita la superficie esterna delle microsfele non ha niente a che fare con le membrane cellulari, tuttavia si comporta per molti aspetti come quelle. Se ad esempio si pongono in soluzioni più concentrate o, rispettivamente, meno concentrate del loro liquido interno, le microsfele si raggrinziscono o si rigonfiano esattamente come fanno le cellule poste nelle stesse condizioni. Inoltre le microsfele sono in grado di trattenere al loro interno determinate molecole lasciandone fuoriuscire altre. Tali caratteristiche fanno di questi pseudo-microrganismi a base di proteinoidi dei sistemi estremamente somiglianti alle cellule. Non siamo ancora giunti ad un grado di organizzazione paragonabile a quello di una cellula e quindi, da questo punto di vista, non possiamo considerare il coacervato un organismo vivente: ma quanto lontano siamo da esso? Sarebbe immediata la risposta se conoscessimo una definizione precisa di vita, che purtroppo non possediamo. Se si tratta di distinguere fra un topo e un sasso è facile dire chi è vivo e chi no, ma quando si tratta di decidere fra un virus (la forma vivente più semplice che esista attualmente) e un coacervato le cose si fanno più difficili. La stessa difficoltà si incontra quando si deve decidere se, certi batteri, che in determinate condizioni ambientali sono in grado di compiere la fotosintesi che invece non attuano quando hanno a disposizione cibo già pronto, siano piante o animali o, per meglio dire, autotrofi o eterotrofi. Se per vita intendiamo una forma di materia e di energia alta-

mente organizzata, il coacervato potrebbe già essere considerato un organismo vivente, forse addirittura più completo del virus. Se per vita intendiamo invece un organismo che sia in grado di riprodursi e di evolvere, il coacervato non è un organismo vivente mentre il virus lo è. Molto probabilmente l'acqua a questo punto ebbe anche una funzione protettiva nei confronti di queste forme complesse, in quanto se all'inizio i raggi ultravioletti servirono da catalizzatore per far avvenire le reazioni tra idrogeno, metano, ammoniaca, anidride carbonica, acido solfidrico e vapore acqueo, in seguito invece avrebbero potuto distruggere le molecole più

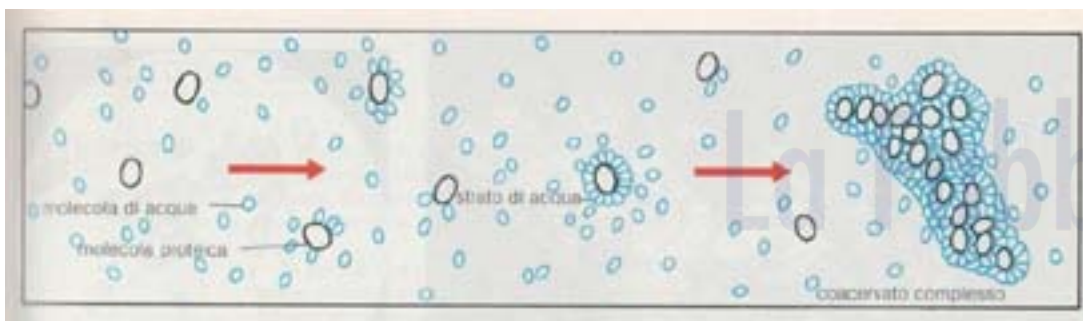


Figura 10



Figura 11

complesse. Acqua come composto iniziale, come luogo di crescita e come elemento difensore della vita. I coacervati iniziarono perciò a “nutrirsi” delle altre molecole formatesi per sfruttare la loro energia. Questi agglomerati divennero sempre più complessi fino a dare origine alle cellule primordiali. Il brodo caldo e diluito, ricco di sostanze organiche, probabilmente andò diluendosi sempre più a mano a mano che gli eterotrofi primitivi in continua espansione utilizzavano le molecole in esso contenute per trarne l’energia e la materia necessarie affinché fosse arricchita ed organizzata meglio la loro struttura interna. Nell’oceano primitivo con l’andare del tempo non solo aumentò il consumo di materiale organico, ma contemporaneamente diminuì la produzione di nuove molecole per l’affievolirsi dell’intensità delle scariche elettriche e delle altre forme di energia: un fenomeno questo che mise a repentaglio la vita stessa che si era appena generata in forme stabili con tanta difficoltà. In condizioni di scarsità di cibo dovettero in seguito sviluppare un altro modo di nutrirsi.

Iniziarono quindi ad utilizzare la luce del Sole per fabbricare i composti organici, divenendo autotrofi primitivi. Molto probabilmente questi primi organismi avrebbero agito solo in parte da eterotrofi, continuando a nutrirsi anche di composti organici presenti nell’ambiente. Esistono forme attuali di batteri che presentano le stesse proprietà. Si tratta di batteri purpurei organismi che in origine erano considerati esclusivamente eterotrofi (fig 11).

In seguito si scoprì che essi contengono una sostanza che gli eterotrofi comuni non hanno: la **clorofilla**, un pigmento che assorbe la luce. Il processo che utilizza la clorofilla per formare energia chimica si chiama **fotosintesi clorofilliana**.

Capitolo 2

L'acqua nei vegetali

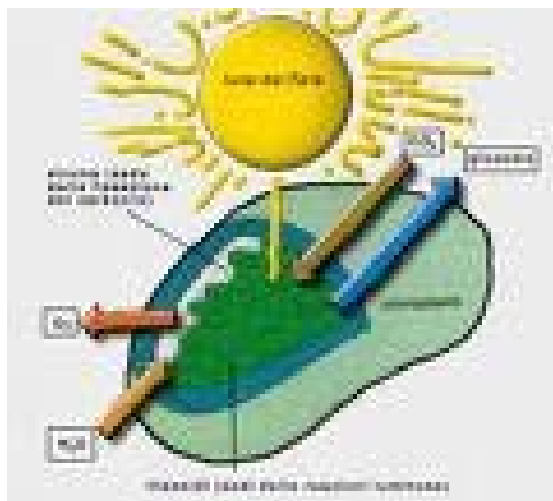


Figura 12

La fotosintesi

La fotosintesi clorofilliana è un procedimento che utilizzano le piante per trasformare l'energia luminosa del Sole in nutrimento e visto che per definizione l'energia né si crea né si distrugge, ma si trasforma in altre forme, seguiamone la sua trasformazione. Alla fine del IXX secolo la conoscenza della fotosintesi clorofilliana era molto limitata. Si era capito l'importanza della luce e quali fossero i componenti iniziali e i prodotti finali. Il grande mistero riguardava come le cellule della pianta trasformassero i materiali in prodotti ricchi di energia utilizzati per il nutrimento delle piante stesse. Gli scienziati scoprirono la fotosintesi quasi 200 anni fa. Nel 1772 lo scienziato inglese Joseph Priestley pubblicò a Londra un articolo in cui si leggeva: "mi compiaccio di essermi imbattuto per caso in un metodo che risana l'aria danneggiata dalla combustione di candele e di avere scoperto almeno uno dei processi di reintegrazione di cui si serve la natura. Si tratta della vegetazione." Questa scoperta entusiasmò il mondo scientifico. Era infatti la prima valida spiegazione di come l'aria fosse rimasta salubre per milioni di anni nonostante la respirazione delle persone e degli animali. In seguito con altri esperimenti si riuscì a dimostrare che le forme di vita che utilizzano la fotosintesi, si alimentano di anidride carbonica e acqua. Da questi due componenti rimescolati tra loro si ottengono zucchero e ossigeno, ma la loro energia chimica finale è maggiore di quella iniziale. L'eccesso di energia chimica poteva quindi provenire solamente dall'energia solare.

Tuttavia ci si rese conto col tempo, che le piante producono zuccheri anche al buio e che la fotosintesi comprende due tipi di reazioni: una reazione "oscura" e una reazione "luminosa". La reazione luminosa decompone acqua in ossigeno e idrogeno; la reazione oscura utilizza l'idrogeno e l'anidride carbonica per produrre zucchero (**fig 12**)

Le piante usano quindi anidride carbonica e liberano ossigeno, ma anche le cellule vegetali proprio come le cellule animali, usano anche l'ossigeno e liberano anidride carbonica nella respirazione e parte dell'ossigeno viene immediatamente utilizzato. Ma durante le ore del giorno, la fotosintesi produce molto più ossigeno di quanto ne sia immediatamente necessario per la respirazione, così l'eccesso si diffonde fuori pianta.

La scissione dell'acqua in idrogeno ed ossigeno richiede una grande quantità di energia: la luce del Sole fornisce questa energia. Di notte quindi quando la luce del Sole non è disponibile, la pianta assorbe ossigeno dall'ambiente e rilascia anidride carbonica.

La luce del Sole per essere disponibile, viene catturata dalla clorofilla, un pigmento verde che assorbe la luce. Sono presenti anche altri pigmenti fotosintetici tra cui i pigmenti gialli e arancione, i **carotenoidi**, che sono spesso mascherati dalle clorofille verdi, i pigmenti più abbondanti.

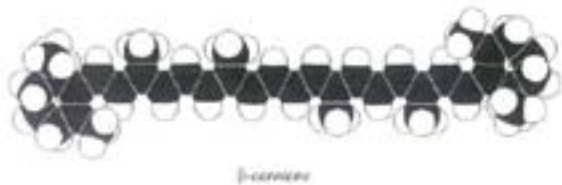


Figura 13



Figura 14



Figura 15

I carotenoidi

Carotenoidi sono molecole con catene di quaranta atomi di carbonio. Comprendono i caroteni e le xantofille. I caroteni sono presenti nei fiori, nei frutti, nel polline, nei rizomi e nelle radici. Sono responsabili delle colorazioni gialle, rosse ed arancioni. Sono anche detti pigmenti accessori poiché concorrono all'assorbimento della luce aumentando l'efficacia del sistema. Le xantofille sono il prodotto dell'ossidazione dei caroteni e, come questi, sono pigmenti accessori della fotosintesi; non necessitando di luce per la loro sintesi, danno la tipica colorazione bianco-giallastra alle foglie cresciute al buio. I carotenoidi sono composti costituiti da molecole relativamente semplici, nelle quali sono combinati carbonio, idrogeno e talvolta l'ossigeno. Queste molecole vengono costruite dagli organismi vegetali utilizzando molecole ancora più semplici; la loro presenza nei tessuti vegetali è responsabile del colore dei fiori della frutta e di alcune radici. La carota, ad esempio, deve il suo colore arancione al B-carotene, il primo carotenoide isolato allo stato puro, che ha dato il nome alla grande famiglia dei carotenoidi. Anche i colori dell'autunno sono dovuti ai carotenoidi: quando la clorofilla scompare dalle foglie perché ha esaurito la sua funzione fotosintetica, escono prepotentemente i colori dei carotenoidi, prima coperti dal suo verde-intenso.

Per maggiore chiarezza, la struttura molecolare dei carotenoidi viene rappresentata trascurando gli atomi di idrogeno e non riportando il simbolo del carbonio, ma soltanto i legami che uniscono tra loro i vari atomi.

La maggiore semplicità di questa rappresentazione permette alcune osservazioni:

- La catena comune ai tre carotenoidi contiene una serie di legami doppi alternati: questo è il cromoforo cioè la parte della molecola responsabile del colore.
- La posizione e il tipo dell'aggruppamento ossigenato non sono sempre gli stessi. Nella zeaxantina l'ossigeno è incorporato in un aggruppamento formato dall'unione di un ossigeno con un idrogeno (ossidrile, -OH), mentre nella astaxantina, a fianco di due analoghi ossidrili, si trova un atomo di ossigeno legato al carbonio con un legame doppio (carbonile, C=O). Le posizioni più frequentemente occupate dall'ossigeno sono identificate, nella nomenclatura ufficiale, con i numeri 3, 3', 4, 4'.

Nelle figure sotto viene illustrato il modo in cui tali atomi sono tra loro legati in tre carotenoidi molto abbondanti in natura: il B-carotene ($\text{C}_{40}\text{H}_{56}$) principale responsabile del colore delle carote, la zeaxantina ($\text{C}_{40}\text{H}_{54}\text{O}_2$), responsabile del giallo del mais e l'astaxantina ($\text{C}_{40}\text{H}_{52}\text{O}_2$) contenuta nella carne del salmone e nel carapace di molti crostacei. È evidente che la struttura delle tre molecole è caratterizzata da una lunga catena che collega due gruppi posti alle sue estremità (gruppi terminali). Le tre molecole differiscono soltanto per la presenza o meno di atomi di ossigeno (evidenziati in rosso) in tali gruppi. Il B-carotene non ne contiene, la zeaxantina ne contiene due (uno su ciascun gruppo terminale) e l'astaxantina quattro (due su ciascun gruppo terminale). La parte restante della struttura molecolare dei tre composti è identica. Le piccole differenze strutturali, dovute alla presenza dell'ossigeno, sono però sufficienti per conferire alle tre molecole caratteristiche chimiche e fisiche (tra cui il colore) completamente diverse.

Questi carotenoidi assorbono altre lunghezze d'onda della luce e trasferiscono l'energia alla clorofilla. Ci sono parecchi tipi di clorofilla: a, b e c; diversità delle strutture molecolari, provocano lievi differenze nella lunghezza d'onda di luce che assorbono, che variano tra il viola e il rosso. Assorbono pochissimo

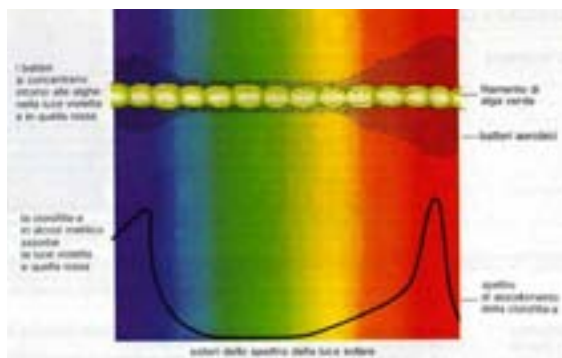


Figura 16

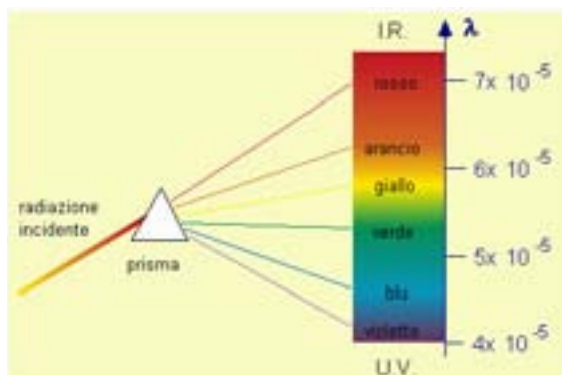


Figura 17

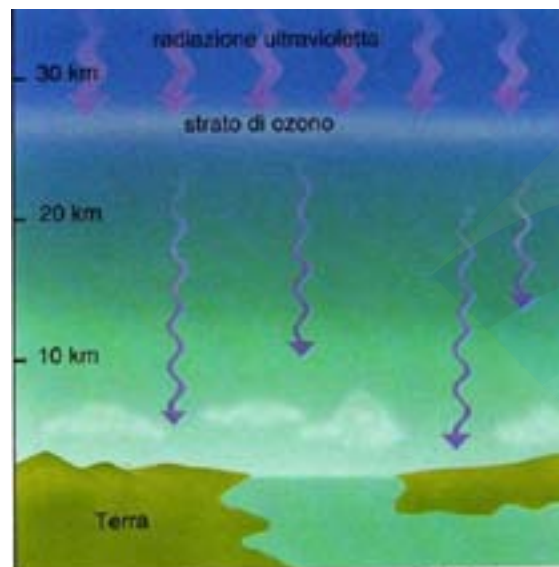


Figura 18

invece la lunghezza d'onda verde che vengono quindi riflesse verso i nostri occhi. Ecco perché noi vediamo le foglie di colore verde. Engelmann escogitò un ingegnoso esperimento per mostrare quali lunghezze d'onda della luce fossero particolarmente importanti nella fotosintesi. Poiché la fotosintesi produce ossigeno, Engelmann pensò che si potesse misurare la velocità della fotosintesi dalla velocità di produzione dell'ossigeno. Quanto più rapida è la velocità di fotosintesi, tanto più ossigeno avrebbe prodotto. Facendo passare la luce bianca attraverso un prisma, ottenne luci di colori differenti a cui corrispondono lunghezze d'onda differenti. Illuminò poi lunghi filamenti di alghe che producevano la fotosintesi e per misurare l'ossigeno prodotto, impiegò speciali batteri che si concentravano dove era più presente l'ossigeno. I risultati dimostrarono che la massima quantità di ossigeno venne prodotta dalle alghe esposte alla luce rossa e viola. (fig.16)

Da quanto tempo esiste la fotosintesi sulla Terra? Non si sa quando essa iniziò esattamente, ma si sono trovate cellule fossili che portano testimonianza della fotosintesi circa 3,5 miliardi di anni fa. La quantità di ossigeno prodotta dalla fotosintesi sulla Terra è enorme: potrà sostituire tutto l'ossigeno presente nell'atmosfera terrestre, in poco più di 2000 anni, sempre che l'uomo abbia rispetto per l'ambiente e cerchi di salvaguardare le foreste

e il mare in cui la fotosintesi è a tutto oggi compiuta da alghe microscopiche. È stato calcolato che ogni anno, circa 140 miliardi di tonnellate di anidride carbonica e 110 miliardi di tonnellate di acqua, vengano utilizzati per produrre 90 miliardi di tonnellate di materiale organico e circa 100 miliardi di tonnellate di ossigeno. Tutto questo tramite il processo della fotosintesi; processo che non sarebbe possibile senza la risorsa acqua.

Sviluppo delle forme vegetali moderne

Mantenere un equilibrio tra il contenuto di ossigeno e quello di anidride carbonica nell'atmosfera, è essenziale per la vita sulla Terra.

Circa 440 milioni di anni fa, nel corso dell'evoluzione, le piante uscirono dall'acqua e cominciarono a vivere sulla terra. Questo fu merito di uno strato di ozono formatosi ad opera dei microrganismi che producevano la fotosintesi. La molecola di ossigeno liberato nell'atmosfera (O_2) si scinde in due atomi di ossigeno ($2O$); gli atomi così prodotti si combinano per dare origine ad un nuovo gas costituito da tre atomi di ossigeno (O_3): l'ozono (fig.18)

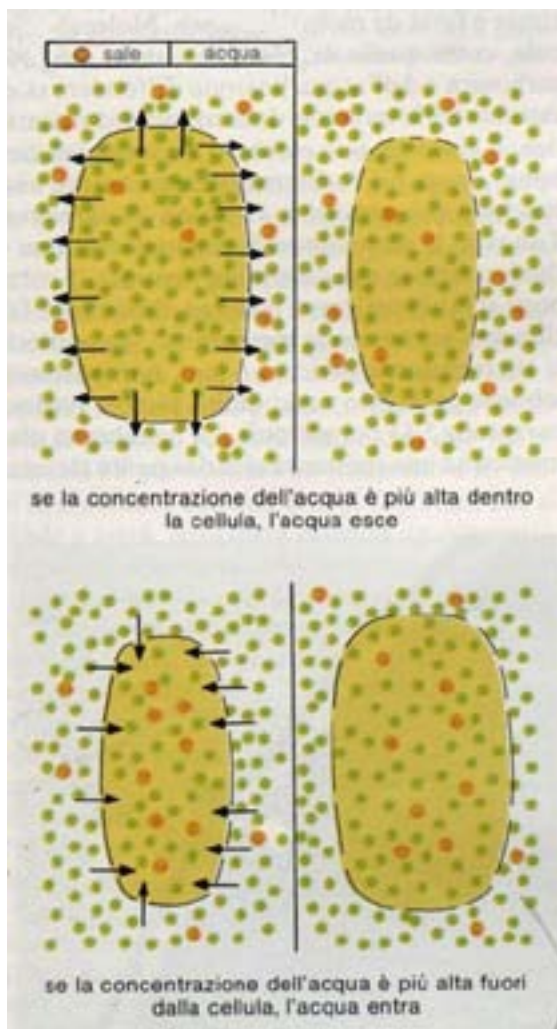


Figura 19

Lo strato di ozono che si trova nell'atmosfera a circa 48 chilometri al di sopra della superficie terrestre, assorbe gran parte delle radiazioni ultraviolette che potrebbero distruggere la vita. Ora la sopravvivenza degli organismi viventi non dipendeva più dalla protezione dell'acqua, ma era possibile colonizzare anche luoghi prima pericolosi. I tipi di pigmenti che si trovano nelle cellule delle alghe, sono simili ai pigmenti delle piante terrestri e anche il processo della fotosintesi è praticamente lo stesso. Tuttavia le grandi piante pluricellulari, cioè formate da molte cellule, si trovano di fronte a molti problemi che le alghe invece non devono affrontare. Ad esempio l'alga che vive in acqua, si trova immersa nelle sostanze che deve utilizzare per produrre la fotosintesi e si diffondono molto semplicemente nella cellula tramite un **procedimento osmotico** (vedi 1°percorso capitolo 5) (fig.14) mentre molte di queste materie non sono direttamente disponibili per un albero. Nella pianta si sono perciò evolute molte strutture speciali che le permettono di prelevare dall'ambiente circostante le sostanze che le servono per il suo sostentamento. Inoltre deve essere in grado di trasportarli alle singole cellule, di utilizzarli e di conservarne i metaboliti (sostanze che si creano all'interno della pianta stessa).

Queste problematiche sono state superate con l'evoluzione delle piante che hanno sviluppato la superficie fogliare, adattamento favorevole alla fotosintesi; hanno sviluppato le nervature che servono per trasportare i prodotti della fotosintesi; le radici che servono per assorbire dal terreno acqua e sali minerali. L'acqua nelle piante è la sostanza necessaria in maggiori quantità, in più serve anche come liquido di trasporto dei minerali e delle sostanze nutritive. L'esposizione all'aria avrebbe fatto rapidamente evaporare tutta l'acqua di una pianta, elemento indispensabile alla vita, perciò per vivere sulla terra, le piante dovettero sviluppare una superficie esterna impermeabile: la cuticola. Per potere effettuare gli scambi gassosi, nella parte inferiore delle foglie, la cuticola è dotata di pori chiamati **stomi** (dal greco bocca), piccole aperture dell'epidermide delle foglie, che servono per gli scambi gassosi della pianta con l'ambiente esterno, indispensabili per le funzioni di respirazione, traspirazione e fotosintesi clorofilliana.

Sono localizzate nella pagina inferiore delle foglie e possono allargarsi e restringersi, secondo le esigenze della pianta.

La regolazione dell'apertura avviene per azione di due cellule reniformi, dette di guardia. La parte concava di una è rivolta verso la parte concava dell'altra, in modo che rimane un piccolo spazio tra le due, che può variare in ampiezza.

Il meccanismo di regolazione degli stomi è legato alla concentrazione in zuccheri prodotti con la fotosintesi clorofilliana.

La maggiore o minore quantità di zuccheri allo stato libero o di quelli condensati in amido fanno variare, in aumento o in diminuzione, la concentrazione delle soluzioni contenute nei vacuoli cellulari, e, conseguentemente, lo stato di turgore delle cellule di guardia.

Grazie all'apertura o alla chiusura degli stomi, la pianta regola la dispersione dell'acqua nell'ambiente, evitando di appassire, e permette l'ingresso sia dell'ossigeno, indispensabile per la respirazione, che dell'anidride carbonica, che serve perché si svolga la funzione clorofilliana.

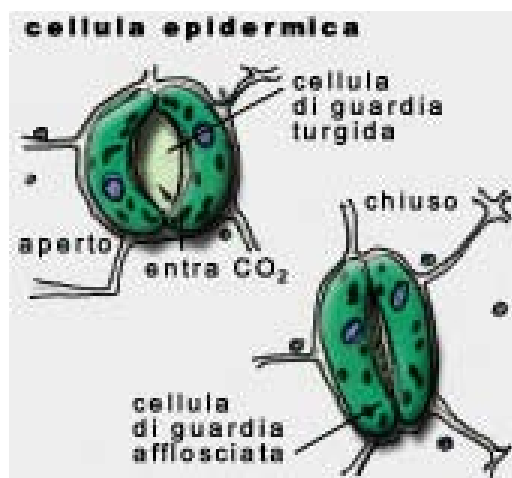


Figura 20

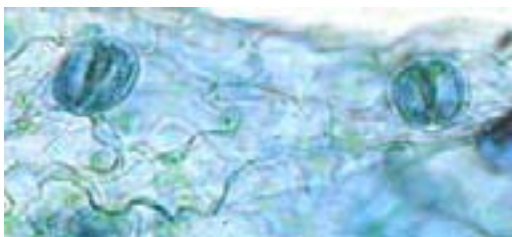


Figura 21



Figura 22

Trasporto di acqua nelle piante

Per risolvere il problema dell'approvvigionamento dell'acqua e dei sali minerali, le piante dovettero sviluppare un sistema assai esteso e ramificato: le **radici**. Servono per prelevare dal terreno ciò di cui la pianta necessita e lo immettono direttamente al sistema di tubi di trasporto della pianta. L'acqua e i sali minerali in soluzione, penetrano nelle cellule radicali attraverso i **peli radicali**, (fig.22) prolungamenti lunghi e sottili delle radici.

Dalle radici l'acqua viene trasportata verso la chioma ed in tutte le parti della pianta attraverso un sistema di canali detto **xilema** (formato da cellule morte bianche), mentre l'altro sistema di canali chiamato **floema** (formato da cellule vive verdi), trasporta le sostanze nutritive. Tra lo xilema e il floema vi è il **cambio**, uno strato di cellule che produce nuovi tessuti ad ogni stagione di crescita della pianta.

Ma come viene trasportata l'acqua all'interno delle piante? E' un vero e proprio problema di ingegneria! L'acqua penetra in una pianta attraverso le cellule dei peli radicali e viene trasportata attraverso lo xilema in tutte le parti della pianta. L'acqua evapora dalla superficie fogliare attraverso gli stomi. Ogni giorno dalle grosse piante terrestri evaporano enormi quantità di acqua. Ad esempio un acero rosso che cresce in un clima umido, può perdere fino a 200 litri di acqua al giorno! Questa perdita deve essere rimpiazzata perché la pianta possa sopravvivere. L'acqua che penetra attraverso le radici deve essere trasportata in alto, eppure le piante non utilizzano alcun sistema di pompaggio come per esempio il cuore negli animali. Questo argomento ha interessato parecchie generazioni di botanici.

La pressione radicale

Prima di affrontare la spiegazione del cammino idrico in una pianta, bisogna capire cos'è la **pressione radicale**. E' una forza che si sviluppa all'interno delle radici ad opera delle pressioni osmotiche esercitate dall'acqua e dai minerali assorbiti, che spinge verso l'alto nello xilema l'acqua e i sali disciolti in essa. Questo assorbimento osmotico può dare origine ad un fenomeno detto di **guttazione**, (fig 23) che consiste nell'emissione di acqua allo stato liquido attraverso speciali aperture che si trovano all'apice o sui margini delle foglie chiamati **idatodi**. L'acqua della guttazione è letteralmente spinta fuori dalla pressione radicale. Le goccioline di acqua che si formano all'apice delle foglie, non derivano dalla condensazione del vapore acqueo presente nell'aria circostante, ma vengono emesse dalle foglie mediante il processo di guttazione. Durante il giorno, la pressione radicale è poco efficiente, in quanto il movimento dell'acqua attraverso la pianta è più rapido. La pressione radicale non è mai tale da poter spingere l'acqua fino alla sommità di un'altra pianta. Inoltre in molte piante, come i pini, la pressione radicale non esiste.

Il cammino percorso dall'acqua nella sua ascesa è stato individuato chiaramente ed è possibile eseguirlo con un esperimento molto semplice. Se tagliamo un ramo e lo mettiamo in acqua colorata, vedremo che il colorante delinea gli elementi conduttori dello xilema. Ora noi conosciamo il percorso seguito dall'acqua, ma non sappiamo come essa si muove. La logica suggerisce due possibilità: essa può essere spinta dal basso o risucchiata dall'alto. La prima ipotesi però è da scartare, in quanto la pressione radicale non si

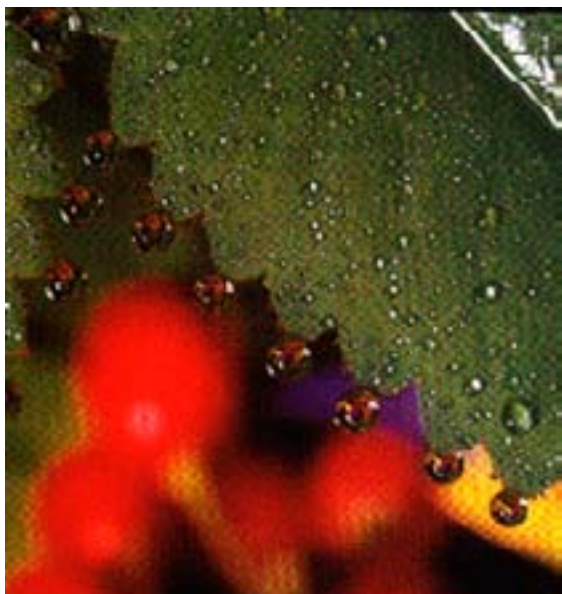


Figura 23

riscontra in tutte le piante ed in quella in cui essa è presente non è sufficiente a spingere l'acqua fino alla sommità di un grande albero. Inoltre l'esperimento ora citato, che prevede la recisione di un ramo, esclude che la pressione radicale sia un fattore importante, visto che l'acqua sale anche senza radici. Pertanto l'unica ipotesi che rimane valida è che l'acqua sia aspirata dall'alto, attraverso il corpo della pianta.

Il meccanismo di coesione- adesione-tensione

La teoria della coesione-adesione-tensione, spiega come l'acqua possa venire spinta a grandi altezze in un albero. Le cellule radicali estraggono l'acqua dal terreno circostante per osmosi, perché la concentrazione dei composti organici nelle cellule delle radici è maggiore della concentrazione degli stessi composti del suolo (vedi dispensa n°2) e la spingono nello xilema. In tal modo si forma una colonna ininterrotta di acqua sottoposta ad una pressione positiva verso l'alto, che si estende nella pianta. Le cellule fogliari perdono acqua per evaporazione dagli stomi; la coesione, la forza che tiene insieme le molecole di acqua, genera una forza di tensione o "aspirazione" che risucchia l'acqua lungo tutto il percorso fino alle foglie. Viene poi ceduta a quelle cellule che la disperdono nell'atmosfera. Questo trasporto d'acqua è conosciuto come la teoria della coesione-tensione. Tuttavia, poiché le molecole di acqua vengono attratte molto efficacemente dalle pareti dello xilema, aumentando così la potenza delle forze di coesione-tensione, tale teoria viene meglio definita come meccanismo di coesione- adesione-tensione.

Trasporto di nutrienti nelle piante

Anche per il trasporto dei nutrienti attraverso il floema, l'acqua risulta indispensabile. Il fluido trasportato nei tubi del floema contiene: acqua, zuccheri, principalmente saccarosio, prodotto nelle foglie dalla fotosintesi clorofilliana, aminoacidi, composti del fosforo e ioni inorganici. Le cellule del floema sono vive e le sostanze nutritive devono passare attraverso il citoplasma delle cellule stesse. Sono collegate tra loro alle estremità; le estremità di queste cellule, presentano pori minuti, attraverso i quali i vari contenuti cellulari si possono mescolare. I canali del floema così formati, vengono anche chiamati **tubi cribrosi**. Cerchiamo ora di spiegare come funziona il meccanismo di trasporto, che risulta diverso da quello dello xilema. L'acqua e le sostanze nutritive, scorrono attraverso i tubi cribrosi da una zona di pressione maggiore ad una con pressione minore. Appena i carboidrati sono prodotti dalla fotosintesi nelle cellule delle foglie, l'acqua si sposta in queste cellule per osmosi e fa aumentare la pressione dei fluidi all'interno delle cellule della foglia. L'elevata pressione che si è formata all'interno della cellula, tende a spingere le sostanze nelle cellule adiacenti. Da questa osservazione, si può facilmente dedurre che la pressione nelle cellule del floema è maggiore nelle foglie rispetto alle altre parti della pianta, per cui il fluido nutriente, viene spinto dalle foglie alle altre parti delle piante.

Nel sito di utilizzazione, il saccarosio può essere utilizzato oppure accumulato, mentre la maggior parte dell'acqua, torna in circolo nello xilema. Infatti, l'acqua e tutte le sostanze da lei trasportate, hanno la possibilità di muoversi anche lateralmente, dallo xilema al floema e viceversa attraverso i **raggi midollari**. (Fig.24) Le depressioni delle pareti delle cellule dei raggi, comunicano con le depressioni presenti sia nello xilema che nel floema e in tal modo, al floema vengono forniti acqua e sali minerali, mentre i materiali nutritivi

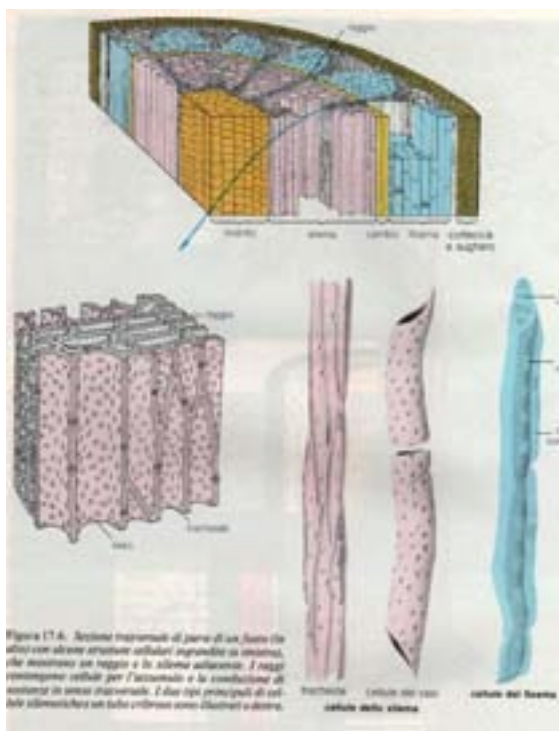


Figura 24

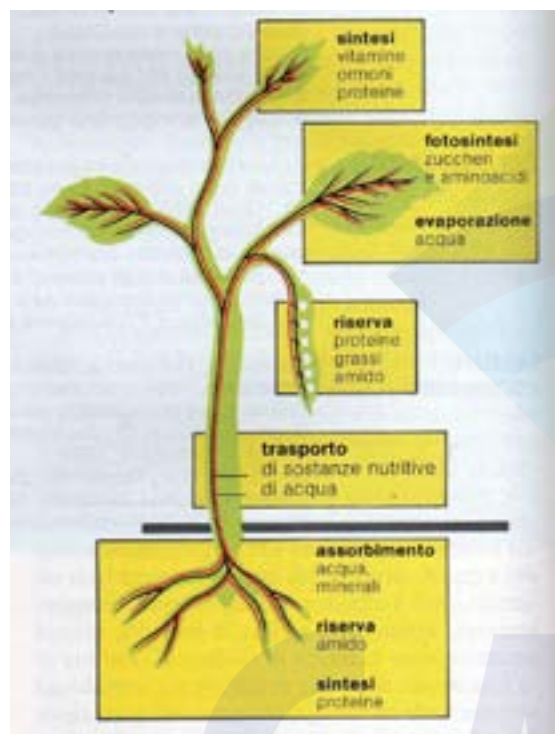


Figura 25

vengono forniti alle cellule del cambio che si accrescono per formare i tessuti vegetali. Queste scoperte sono state possibili grazie a piccoli parassiti delle piante chiamati afidi, che inseriscono i loro sottilissimi apparati boccali in una singola cellula del floema e ne succhiano il contenuto. La pressione del flusso presente nella cellula del floema, spinge le sostanze stesse attraverso il tubo digerente dell'afide, formando delle goccioline di "melata" all'estremità posteriore dell'insetto. Analizzando la melata, si sono scoperte le sostanze che la compongono, che sono le stesse presenti all'interno dell'albero.

Il deficit idrico nelle piante

In questo paragrafo cercheremo di capire come si comportano le piante in assenza di acqua, le loro strategie per resistere alla siccità e i danni causati loro dalla scarsa irrigazione. I meccanismi che sviluppa la pianta per resistere alla siccità, sono divisi in diverse categorie. Il **disseccamento ritardato** è la prima difesa sviluppata dalla pianta (abilità a mantenere i tessuti idratati), la **tolleranza al disseccamento** (abilità a funzionare durante la disidratazione), la **fuga dalla siccità** (la pianta compie il suo ciclo biologico durante la stagione umida, prima dell'arrivo del-

la siccità). La riduzione dell'area fogliare è il primo segnale che la pianta ha bisogno di acqua, ma è anche la prima forma di difesa adottata per cercare di sopravvivere. Man mano che il contenuto d'acqua della pianta diminuisce, le cellule rimpiccioliscono e la parete cellulare si affloscia. Riducendo la superficie delle foglie, si ottiene una minore dispersione di vapore acqueo. Oltre a diminuire la superficie fogliare, diminuisce anche il numero delle foglie ed in seguito anche il numero dei rami. Questo limita di molto la crescita della pianta, visto che nelle foglie avviene la fotosintesi clorofilliana che produce gli zuccheri, nutrimento della pianta stessa. Quando tutte le foglie sono adulte, se le piante vengono stressate per mancanza d'acqua, può manifestarsi la caduta fogliare. Soprattutto le piante desertiche, si sono adattate allo stress idrico, facendo cadere tutte le foglie nel periodo di siccità e facendone germogliare altre dopo un periodo di pioggia. Questo ciclo può avvenire due o più volte in una singola stagione. Molte piante, per sopportare meglio la mancanza d'acqua, hanno rimpicciolito enormemente le loro foglie in modo da limitare il più possibile la perdita di acqua. E' il caso dei cactus che hanno trasformato le loro foglie in spine per poter sopravvivere anche nelle condizioni più estreme di siccità.

Mentre lo stress idrico inibisce l'espansione fogliare, l'apparato radicale tende a svilupparsi. La siccità negli strati superficiali del suolo spinge le radici a procurarsi l'acqua negli strati più profondi del terreno.

La crescita della radice verso un suolo umido, può essere considerata una seconda linea di difesa contro la siccità. Quando il disseccamento del terreno è molto sviluppato, le radici si afflosciano e la superficie radicale si allontana dalle particelle di suolo in cui sono inserite. I peli radicali possono essere così asportati e quindi danneggiati, impedendo in seguito una corretta idratazione della pianta.

La terza linea di difesa è il processo di chiusura degli stomi, che come abbiamo visto in precedenza limita la traspirazione dell'acqua, permettendo così alla pianta di funzionare anche durante la siccità.

Un altro fattore importante che può creare problemi alla pianta in mancanza d'acqua, è il fenomeno della **cavitazione**, o rottura della colonna d'acqua sotto tensione dello xilema. In questo caso non si ha più un flusso continuo nei vasi che smettono di funzionare. Solamente i vasi di piccolo diametro prodotti durante il periodo di stress riescono a garantire un'idratazione, ma la pianta subisce comunque un forte danno, in quanto la via originale rimane non funzionante.

CADF

La Fabbrica dell'Acqua

Capitolo 3

L'acqua e gli animali

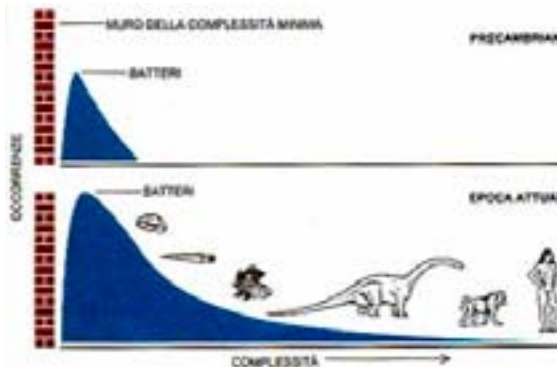


Figura 26



Figura 27



Figura 28

Adattamento degli animali

Anche per gli animali, l'acqua risulta una fonte di vita essenziale. Esistono alcuni invertebrati marini fatti quasi esclusivamente di acqua e dal momento che gli animali terrestri non sempre hanno l'acqua a disposizione, si sono evoluti in modo da poter sopravvivere anche in caso di siccità, come hanno fatto le piante. Alcuni mammiferi chiamati cetacei (balene, delfini, orche, ecc.), hanno fatto la scelta evolutiva, di tornare a vivere nell'acqua dopo aver vissuto sulla terra ferma; il dromedario e il cammello hanno sviluppato la caratteristica di accumulare nello stomaco e nel grasso delle gobbe notevoli quantità di liquido. Ci sono poi piccoli roditori del deserto che possono proprio fare a meno di acqua per tutta la vita: ottengono l'acqua loro necessaria direttamente dalla metabolizzazione del cibo.

Adattamento del Dromedario

La sua peculiarità più conosciuta è la capacità di resistere alla sete fino a circa 8 giorni, grazie alla particolare struttura del suo organismo. Esso è infatti in grado di evitare la dispersione dell'ettolitro circa d'acqua – che riesce a bere in appena dieci minuti – grazie al peculiare addensamento del plasma sanguigno che riesce a dilatare i globuli rossi fino a 250 volte i suoi valori consueti. La traspirazione, già di per sé assai limitata per via della particolare struttura dell'epidermide, può essere ancor più rallentata dall'ingestione di vegetali spontanei della steppa, talmente ricchi di sali minerali da avvelenare qualsiasi essere umano. Essi fanno infatti aumentare la pressione osmotica delle cellule dell'animale, impedendo l'evaporazione dei liquidi organici e consentendo quindi una sopravvivenza supplementare di 4-5 giorni del dromedario. Il suo organismo è altresì in grado di sopportare un aumento della propria temperatura corporea fino a 6-7 gradi centigradi, senza che questo comporti dispersione di liquidi, mentre un'altra fondamentale caratteristica è quella di limitare al massimo l'espulsione dei propri liquidi organici malgrado la forte carica di tossine, grazie al fatto che l'urea prodotta dal fegato non viene filtrata dai reni per la successiva espulsione, tornando invece per via sanguigna allo stomaco per entrare nuovamente in circolo. A ciò bisogna aggiungere infine che il dromedario riesce a metabolizzare il grasso del proprio organismo (in particolare della gobba) e a produrre idrogeno che, con l'ossigeno dell'aria, riesce a creare acqua in ragione di 1 litro di liquido per 1 chilo di lipidi.

L'acqua e l'organismo

Acqua, ossigeno, biossido di carbonio e poche altre molecole semplici si diffondono liberamente attraverso le membrane cellulari. Il biossido di carbonio e l'ossigeno, che sono entrambe molecole non polari, sono solubili nei lipidi e attraversano facilmente il doppio strato lipidico della membrana. Malgrado la loro

polarità, le molecole dell' acqua possono anch' esse attraversare senza ostacoli la membrana, utilizzando probabilmente aperture temporanee prodotte dai movimenti spontanei dei lipidi di membrana; anche altre molecole polari, sufficientemente piccole, diffondono attraverso queste aperture. La permeabilità della membrana a questi soluti è inversamente proporzionale alle dimensioni delle molecole, e ciò sta a indicare che le aperture sono piccole e la membrana agisce come un filtro. La diffusione è anche il principale meccanismo mediante il quale le sostanze si spostano all'interno delle cellule. Uno dei fattori più importanti che limitano le dimensioni delle cellule è questa dipendenza dalla diffusione, che di fatto è un processo lento tranne che su distanze molto brevi; il processo diventa sempre più lento e meno efficiente a mano a mano che aumenta la distanza coperta dalle molecole in diffusione. Perché la diffusione sia efficiente occorre non solo che si verifichi su distanze relativamente piccole (e la cellula è uno spazio ridotto), ma che ci sia anche un gradiente di concentrazione; mediante le loro attività metaboliche, le cellule favoriscono i processi di diffusione mantenendo alti tali gradienti.

Trasporto delle sostanze all'interno della cellula

Negli organismi pluricellulari la **membrana** ha il compito di regolare gli scambi di sostanze fra le diverse cellule specializzate che costituiscono l'organismo. E' importante mantenere il controllo di questi scambi per difendere l'integrità d'ogni cellula, per mantenere costante il **pH** e le **concentrazioni di ioni** che permettono le attività metaboliche. La membrana cellulare controlla anche **il passaggio delle sostanze** fra la cellula e l'ambiente circostante.

La **diffusione** comporta il movimento casuale delle molecole o ioni secondo un gradiente di concentrazione. Se spargiamo alcune gocce di profumo in un angolo della stanza, l'odore si diffonderà dappertutto anche se non ci sono correnti d'aria. Quando le sostanze si spostano da una regione in cui la concentrazione è maggiore ad una regione la cui concentrazione è minore si chiama **secondo gradiente**. Invece la sostanze che si sposta nella direzione opposta si chiama **contro gradiente**. La diffusione viene soltanto secondo gradiente. Le caratteristiche essenziali della diffusione sono: **1)** ogni molecola o ione si muove indipendentemente dalle altre. **2)** questi movimenti sono casuali.

La **velocità** con la quale le sostanze entrano nella cellula è aumentata dalle **correnti citoplasmatiche**. In diversi organismi pluricellulari, scambi controcorrente mantengono un gradiente di concentrazione costante e rende massima la velocità di diffusione.

La membrana che permette il passaggio d'alcune sostanze mentre impedisce il passaggio ad altre è detta **selettivamente permeabile**. L'osmosi consiste in un trasferimento netto di un'acqua di una soluzione che ha **potenziale idrico maggiore** (con concentrazione minore di soluto) ad una soluzione che ha **potenziale idrico minore** (concentrazione maggiore).

Soluzione isotonica: concentrazione uguale con lo stesso potenziale idrico.

Soluzione ipotonica: soluzione meno concentrata con più potenziale idrico

Soluzione ipertonica: soluzione più concentrata con minore potenziale idrico.

Se in un organismo **entrasse troppa acqua nella cellula**, diluirebbe il contenuto cellulare al punto di interferire con la sua funzione e potrebbe provocare un rottura della membrana cellulare. Ciò viene impe-

dito da un organulo specializzato, il **vacuolo contrattile**, che raccoglie l'acqua dalle varie parti del corpo e la pompa fuori mediante contrazioni ritmiche.

Il potenziale osmotico è la tendenza dell'acqua ad attraversare una membrana verso quella soluzione. Minore è il potenziale idrico di una soluzione, maggiore è la tendenza delle molecole d'acqua ad entrare in essa per osmosi.

Le cellule vegetali hanno un **alto potenziale osmotico**, cioè l'acqua ha una forte tendenza ad entrare nelle cellule. Nella cellula matura (quando la parete cellulare cessa di crescere) la parete cellulare non si espande ulteriormente. La sua resistenza all'espansione produce una pressione, nota come **pressione di parete**, che impedisce il movimento netto d'altra acqua verso la cellula, di conseguenza non si raggiunge un equilibrio di concentrazione idrica e l'acqua continua a cercare di entrare nella cellula mantenendo una pressione costante. Questa pressione dell'acqua che esercita dall'interno sulle pareti si chiama turgore. Il **turgore** mantiene rigida la parete cellulare e mantiene eretta la pianta.

Le molecole attraversano la membrana cellulare per **diffusione** o sono trasportate da **molecole proteiche**. Se il movimento è azionato da un gradiente di concentrazione il processo è chiamato **diffusione facilitata**. Se il movimento richiede **un consumo d'energia** da parte della cellula, è detto trasporto attivo. Le molecole o ioni vengono trasportati contro gradiente, è un processo che richiede energia.

Un sistema di trasporto attivo è la **pompa sodio-potassio**, che mantiene la concentrazione degli ioni sodio ad un livello basso e la concentrazione degli ioni potassio ad un livello alto.

Un altro modo di trasportare sostanze è mediante **vescicole**, questi fenomeni sono distinti in **esocitosi**, quando le vescicole espellono la sostanza fuori dalla cellula, ed **endocitosi**, che si suddivide in tre tipi, **fagocitosi**, **pinocitosi** ed **endocitosi mediante recettori**. La **fagocitosi**, quando particelle solide devono essere trasportate dentro le cellule; **pinocitosi**, quando dei liquidi devono essere introdotti nella cellula; **endocitosi mediante recettori**, quando gli ioni o molecole che devono entrare nella cellula si legano ai recettori.

Negli organismi pluricellulari le **comunicazioni tra cellule** possono avvenire direttamente attraverso canali chiamati **plasmodesmi**, mettendo a contatto il citoplasma con le cellule adiacenti.

Nei tessuti animali ci sono le **giunzioni comunicanti**, che permettono il passaggio di sostanze fra le cellule.

La membrana cellulare

La membrana cellulare è deputata allo svolgimento di almeno quattro importanti funzioni:

- permettere il passaggio selettivo delle molecole destinate ad entrare all'interno della cellula (ad esempio ossigeno, glucosio o altre sostanze coinvolte nel rifornimento energetico);
- consentire l'uscita verso la matrice extracellulare delle sostanze da eliminare, che possono essere tossiche per la cellula;
- impedire che agenti esterni possano danneggiare fisicamente i componenti interni della cellula;
- mantenere costante il pH del citosol.

Le membrane cellulari, sono costituite essenzialmente da un doppio strato di lipidi. I lipidi che concorrono

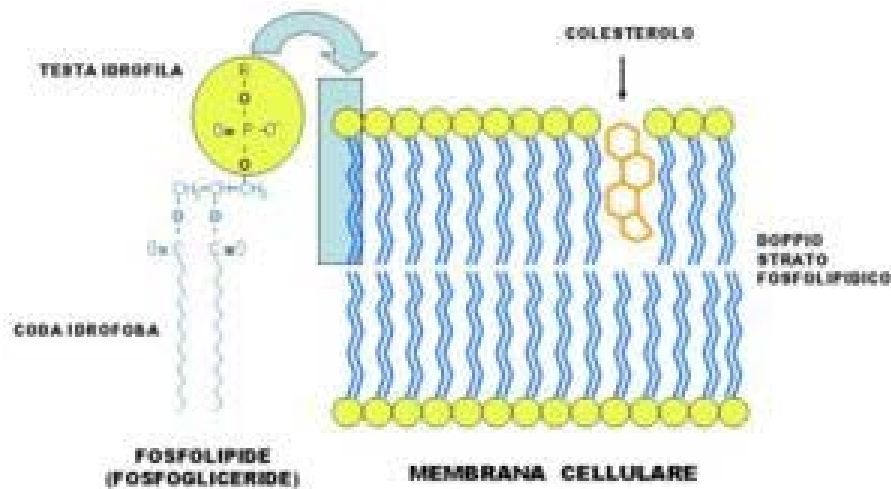


Figura 29

alla formazione del doppio strato lipidico, sono: fosfolipidi, steroli, glicerofosfolipidi e sfingolipidi.

- I fosfolipidi, costituiti da una *coda* carboniosa (*apolare* o *idrofobica*) e da una *testa polare* (*idrofila*), si dispongono secondo uno schema *coda-coda*, minimizzando il contatto con le molecole polari come l'acqua. Le teste polari (possono formare un legame idrogeno) sono rivolte verso l'ambiente acquoso extracellulare ed intracellulare.
- Gli steroli concorrono al controllo della *fluidità* delle membrane in funzione della temperatura di transizione.

Comunicazione con l'ambiente extracellulare

Le cellule, necessitano di comunicare con l'ambiente extracellulare, in modo da organizzare al loro interno le attività molecolari che possono regolare un determinato processo o evento biochimico. Tale comunicazione può avvenire tramite segnali molecolari, che vengono trasportati da molecole segnale specifiche come ormoni o

proteine. Sulla faccia esterna della membrana cellulare sono presenti numerose proteine che svolgono la funzione di recettore, affinché queste molecole segnale vengano riconosciute dalla cellula. Ogni recettore, ha una *conformazione* particolare e specifica, capace di accogliere e di stabilire dei legami solo con una determinata molecola segnale.

Perché dobbiamo bere tanta acqua?

L'acqua, dopo l'ossigeno, è la seconda sostanza più importante per la salute umana. L'acqua è un solvente universale e un mezzo di trasporto ed a causa di questo è la base di tutti i processi biologici nel corpo umano. L'acqua è importante soprattutto per il sistema digestivo, perché contribuisce ad costante rifornimento ed esportazione di prodotti e sostanze. Il trasporto delle sostanze nutrienti può avvenire soltanto attraverso un solvente e l'acqua funge da mezzo principale per trasporto delle sostanze nutrienti. L'acqua inoltre favorisce alla regolazione termica nei nostri corpi. Per gli esseri umani è di importanza basilare che la temperatura corporea rimanga ad un livello standard. Ecco perché dobbiamo bere acqua, quando abbiamo la febbre. L'acqua prende il calore e lo trasporta nel corpo mentre respiriamo. Possiamo sopravvivere senza cibo per circa 30 - 40 giorni, ma possiamo sopravvivere soltanto alcuni giorni senza acqua. Questo fattore dimostra quanto l'acqua sia importante per noi.

Il corpo umano è formato per il 70-75% di acqua e permane nell'organismo umano per 9,3 giorni in media.. Ciò significa che un bambino di 30 chili ha in se 20 chili di acqua; costituisce il 90% del nostro sangue, circonda il nostro cervello, circola fra i nostri organi sotto forma di linfa, è nelle nostre lacrime e nella nostra saliva, ma soprattutto è in ognuna delle nostre cellule. Perdite di acqua pari al 10% di quella costitutiva dell'organismo portano all'incapacità di attività fisiche organizzative. Libera o legata con altre molecole, l'acqua svolge diverse funzioni biologiche:

- partecipa ai fenomeni digestivi facilitando il transito e la fluidificazione del chimo attraverso il tubo ga-

stroenterico finché i nutrienti, in soluzione, passano attraverso la parete intestinale e vengono convogliati al sangue e alla linfa.

- è il mezzo in cui hanno luogo le reazioni metaboliche; una volta avvenuto il metabolismo, il sangue, che contiene circa il 92% di acqua, trasporta i prodotti residui catabolici dalle cellule agli organismi deputati all'escrezione: reni, polmoni, pelle;
- consente il passaggio di sostanze dalle cellule agli spazi intracellulari e ai vasi e viceversa;
- è responsabile della termoregolazione del nostro corpo: evaporando sulla superficie cutanea e polmonare determina la perdita di circa il 25% del calore prodotto dal nostro corpo;
- lubrifica giunture e membrane;

L'acqua è suddivisa in 2 compartimenti: intracellulare che costituisce all'incirca il 50% del peso corporeo ed extracellulare che corrisponde al 20% del peso del corpo, di cui il 5% è l'acqua del sangue e il 15% è l'acqua interstiziale.

Tutte le reazioni chimiche indispensabili per i processi vitali hanno bisogno di questo prezioso elemento. Per ciò non esiste essere vivente che non ne contenga e non ne abbia sempre bisogno. Quando il nostro corpo ha bisogno di acqua, avvertiamo una particolare sensazione, la **sete** che ci spinge a bere. La sete è un sintomo importante che non va sottovalutato: basta infatti che il corpo perda il 10% dell'acqua che contiene per avere seri problemi di sopravvivenza. A seconda delle condizioni interne (principalmente peso corporeo ed età) e di quelle esterne (temperatura, umidità atmosferiche e vento), un essere umano può sopravvivere solo pochi giorni senza bere, in condizioni estreme addirittura non più di trentaquattro ore. Nel caso in cui si manifesti un evento così grave, la persona disidratata, deve essere curata con attenzione, perché tutte le sue funzioni vitali (in particolare quelle renali), sono state sconvolte dalla mancanza d'acqua.

La quantità totale di acqua contenuta nel corpo di tutti gli animali, deve essere mantenuta il più possibile costante. Nonostante la perdita di acqua dall'organismo sia continua, viene ininterrottamente compensata da un equivalente **apporto idrico** (entrata di acqua).

L'apporto idrico può essere così riassunto:

- 1) l'acqua viene introdotta come tale: gli animali che vivono sulla superficie terrestre, fatta eccezione per alcune specie desertiche, assumono acqua bevendo. L'uomo introduce in questo modo, quotidianamente, circa 1200 ml di acqua;
- 2) acqua contenuta negli alimenti: gli alimenti sia vegetali che animali, contengono acqua sebbene in misura molto variabile. Con gli alimenti l'uomo assume una quantità di acqua che viene valutata mediamente circa 1000 ml al giorno;
- 3) acqua di ossidazione: le reazioni che si sviluppano all'interno del metabolismo di un corpo, producono anche dell'acqua. Questo apporto idrico è di circa 400 ml giornalieri. In alcune specie di mammiferi che vivono nelle zone desertiche, l'acqua di ossidazione rappresenta spesso la principale fonte idrica.

L'eliminazione dell'acqua invece, può seguire queste vie:

- 1) acqua eliminata con l'urina: l'apparato renale elimina con l'urina un volume di acqua molto variabile in relazione alla necessità di allontanare le scorie metaboliche e a seconda delle esigenze del bilancio idrico-salino. Nell'uomo questo volume è mediamente di 1500 ml nelle 24 ore e non può essere ridotto al di sotto dei 300 ml;

- 2) acqua eliminata per via cutanea: questo tipo di eliminazione idrica, subisce molte variazioni nei diversi animali. La struttura della cute, la presenza o meno di un mantello pilifero e di ghiandole sudoripare, influisce enormemente in questo tipo di dispersione idrica. Nell'uomo, la pelle risulta relativamente sottile e la presenza di numerose ghiandole sudoripare, fa sì che avvenga continuamente un'evaporazione di acqua. Nell'uomo la quantità di acqua eliminata per via cutanea per evaporazione è compresa tra i 600 e gli 800 ml giornalieri. Con la sudorazione può accrescersi fino a qualche litro in 24 ore;
- 3) acqua eliminata con la respirazione: durante la respirazione, viene inspirata aria atmosferica, normalmente non satura di vapore acqueo; viene espirata al contrario aria satura di vapore acqueo e questa continua eliminazione si calcola ammonta a circa 400 ml al giorno;
- 4) acqua eliminata con le feci: le feci contengono una quantità di acqua non trascurabile che nell'uomo è di circa 100 ml al giorno.

Tab.2. Bilancio idrico giornaliero medio in un individuo maschio adulto di taglia media

Acqua assunta	g	Acqua eliminata	g
Acqua bevuta	600	Traspirazione	600
Altre bevande	600	Espirazione	400
Con cibi solidi	1000	Urina	1500
Acqua metabolica	400	Feci	100
Totale	2600	Totale	2600

Fonte: J.M. Orten. O.W. Neuhaus, 1982

In tutti gli organismi, al fine di mantenere un corretto equilibrio idrico, operano continuamente molteplici meccanismi che tendono ad impedire o compensare eventuali regolazioni. Al mantenimento di tale equilibrio, partecipano quasi tutti gli apparati del corpo umano: digerente, cardio – circolatorio, respiratorio, renale, endocrino e nervoso.

Tab.3. Contenuto percentuale medio di acqua in organi e tessuti del corpo umano

Organo o tessuto	Acqua (%)
Reni	81
Milza	80
Polmoni	79.5
Sangue	79
Cuore	78
Muscolo	75.5
Pancreas	75

Cervello	74
Tubo digerente	74
Pelle	72
Cuore	78
Scheletro	34
Fonte: G. Moruzzi. C.A. Rossi, A. Rabbi, 1966	

Assunzione di acqua

L'assunzione dell'acqua è governata, a livello del sistema nervoso centrale, dal centro della sete. Tra le diverse vie di escrezione un ruolo fondamentale è svolto dai reni, che hanno il compito di regolare il bilancio idrico mediante complessi meccanismi sottoposti a controllo ormonale: a fronte di un'eccessiva assunzione di liquidi, i reni eliminano maggiori volumi di urina, mentre se l'apporto di acqua è limitato, il volume di urina eliminato verrà ridotto e la concentrazione delle sostanze in essa disciolte risulterà aumentata. Un'elevata perdita di acqua, dovuta a sovraccia sudorazione, vomito o diarrea, può invece procurare una diminuzione dell'acqua corporea totale, e quindi disidratazione, accompagnata da una perdita di elettroliti, con le conseguenti patologie.

Apparato digerente

L'acqua viene introdotta nell'organismo umano attraverso la bocca, canale d'entrata dell'apparato digerente.

Le sostanze da cui l'organismo ricava l'energia chimica necessaria al suo funzionamento, vengono chiamate *alimenti*. In essi non tutte le molecole di cui il corpo umano ha bisogno si trovano in forma assimilabile, ossia già adatte ad entrare nell'ambiente interno; gran parte di esse, presentandosi come *polimeri*, devono venire idrolizzate (cioè, con l'aggiunta di acqua vengono scisse nei *monomeri* che le costituiscono) prima dell'assimilazione.

I processi di idrolisi dei polimeri, che richiedono l'intervento di numerosi enzimi specifici, costituiscono la **digestione**. Essa avviene in un lungo tubo che attraversa il tronco e comunica con l'ambiente esterno per mezzo di due aperture: una di entrata del cibo, la **bocca**, l'altra di uscita delle sostanze non assimilate, l'**ano**. La digestione si svolge attraverso una serie di fenomeni che avvengono nei diversi tratti del tubo digerente con questa successione: masticazione, deglutizione, digestione gastrica, digestione intestinale, assimilazione, espulsione delle scorie.

Morfologia & fisiologia

Il lungo condotto nel quale avviene la digestione delle sostanze alimentari si chiama **tubo digerente**: in esso si riversano i secreti delle ghiandole che producono gli enzimi digestivi.

Il tubo digerente può essere diviso in tratti successivi, anatomicamente e funzionalmente distinti: la cavità orale, che segue all'apertura boccale, la faringe, l'esofago, lo stomaco e l'intestino il quale è suddiviso in

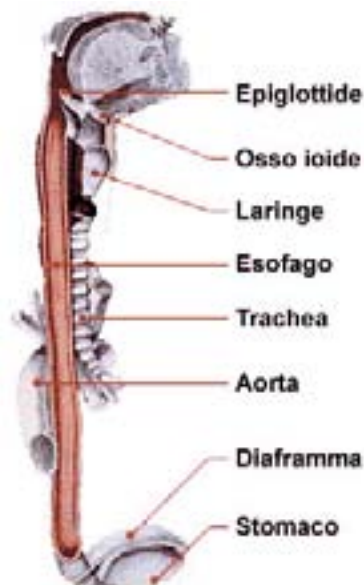


Figura 33

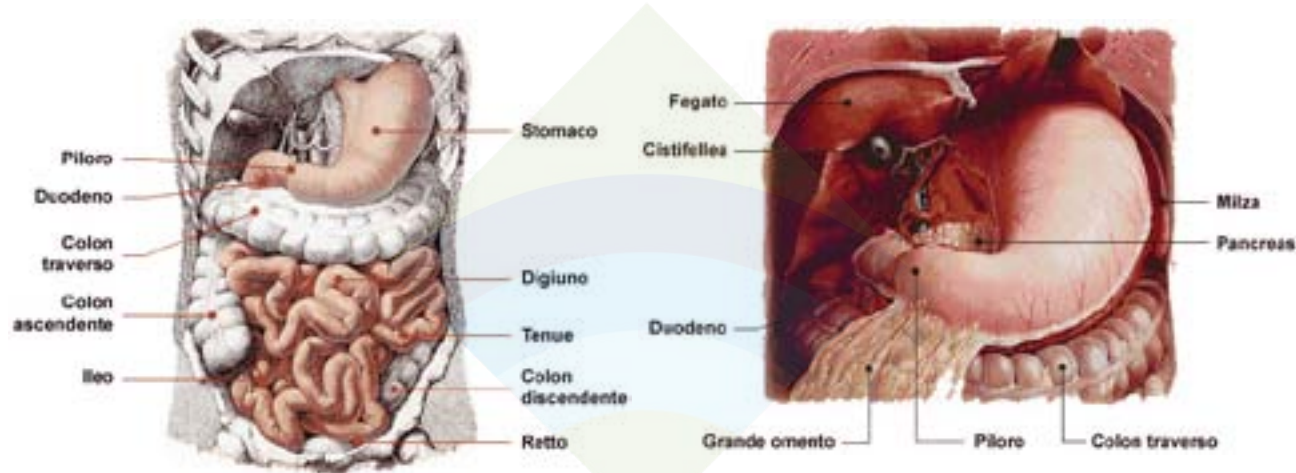


Figura 34

Figura 35

intestino tenue e in intestino crasso. L'intestino tenue comprende il duodeno, il digiuno e l'ileo; il crasso è costituito dal cieco, dal colon e dal retto.

Le ghiandole che producono gli enzimi digestivi sono *esocrine*, in quanto secernano i loro prodotti nel lume del tubo, considerato un ambiente esterno. Si incontrano per prime le ghiandole salivari che riversano il loro secreto nella cavità orale; nelle pareti dello stomaco ci sono poi le ghiandole gastriche e in quelle dell'intestino tenue le ghiandole enteriche. Anche le due ghiandole più voluminose del corpo umano, il pancreas e il fegato producono enzimi digestivi che riversano nel duodeno. Questi due organi però svolgono anche altre importanti e complesse funzioni. Anatomicamente la bocca corrisponde alla cavità orale compresa tra le due mascelle. Contiene la lingua, i denti e lo sbocco delle ghiandole salivari.

La **lingua** è un muscolo molto mobile attaccato posteriormente all'osso ioide e al pavimento boccale per mezzo di un legamento chiamato frenulo linguale.

I **denti** sono gli organi della masticazione; sono infissi in cavità dette alveoli scavate nella mascella e nella mandibola. Nell'uomo adulto sono 32 (8 incisivi, 4 canini, 8 premolari, 12 molari dei quali gli ultimi 4 vengono chiamati denti del giudizio).

Le **ghiandole salivari** sono tre coppie e vengono chiamate parotidi, sotto-mandibolari e sotto-linguali; ognuna è situata fuori dalla bocca con la quale comunicano mediante lunghi tubi escretori.

Il processo digestivo ha inizio dalla bocca sotto l'aspetto sia meccanico (masticazione) sia chimico (insalivazione). Mentre i denti triturano i cibi con una serie di movimenti ritmici e la lingua li rimescola, la saliva, prodotta dalle tre coppie di ghiandole, li bagna e comincia a demolirli chimicamente.

Durante un pasto normale, queste ghiandole secernano circa mezzo litro di saliva che contiene, oltre all'acqua, la mucina che favorisce la formazione meccanica del bolo alimentare, e la ptialina, il primo di

una serie di fermenti, che scinde l'amido cotto in destrine e in maltosio (disaccaride del glucosio), che il fegato e i muscoli trasformano in uno zucchero di riserva, il glicogeno.

Faringe ed esofago

Dalla bocca si passa nella seconda parte degli organi ingestivi, cioè nella **faringe** o dietro-bocca: organo principale dell'inghiottimento. E' una cavità imbutiforme comune alle vie digerenti e respiratorie. Nell'apparato respiratorio stabilisce la comunicazione tra le fosse nasali e la laringe; nell'apparato digerente, la comunicazione tra la bocca e l'esofago. La faringe è costituita da una fitta muscolatura fatta di fibre longitudinali che accorciano e dilatano il canale, e di fibre a semicerchio che lo costringono.

Il bolo alimentare, spinto dalla contrazione dei muscoli della faringe, passa poi nell'esofago trovandosi impedita la via superiore (verso le fosse nasali) dal velo palatino, e quella inferiore dall'epiglottide (verso la laringe). Infatti deglutizione e respirazione non possono avvenire simultaneamente.

Alla faringe segue quindi l'**esofago** senza una netta delimitazione; esso è un canale muscolo-membranoso, lungo in media 25 centimetri e posto sul davanti della colonna vertebrale, posteriormente alla trachea con la quale ha un decorso verticale parallelo. L'esofago termina con l'estremità inferiore nello stomaco mediante un orificio circolare detto **cardias**. Nell'esofago, il bolo alimentare progredisce in parte per gravità, ma soprattutto a causa delle contrazioni esofagee che sono del tipo peristaltico. Tali movimenti, determinati da fibre muscolari lisce, e perciò involontari, sono comuni all'esofago e a tutti gli altri segmenti del tubo intestinale. I movimenti peristaltici sono soprattutto contrazioni ad anello che si propagano da un estremo all'altro del condotto, determinando la progressione del suo contenuto dall'estremità iniziale a quella finale.

Lo stomaco

Con lo **stomaco** inizia la vera funzione digerente.

E' un sacco muscolo-membranoso che può essere considerato la più grande dilatazione del tubo digerente. Lo stomaco è una delle parti più sorprendenti del corpo umano, un organo eccezionalmente solido, resistente e lavoratore, dotato di grande flessibilità e mobilità. E' situato nella parte superiore della cavità addominale, sotto il diaframma. La capacità dello stomaco è di circa 1300 centimetri cubi. Le due estremità dello stomaco sono costituite da due orifici: quello superiore è il cardias, quello inferiore è chiamato piloro e mette in comunicazione lo stomaco con l'intestino.

Il suo interno è disseminato di un grande numero di ghiandole che secernono il **succo gastrico**, dette ghiandole gastriche.

Prima ancora che un boccone di cibo sia stato introdotto nella bocca, prima ancora che l'uomo cominci il suo pasto, lo stomaco inizia generalmente a contorcersi, secernendo il suo succo. Questa attività è originata dal sistema nervoso centrale autonomo dopo che il cervello è stato eccitato dalla vista, dall'odore o anche solo dal pensiero del nutrimento. Lo stomaco si contrae regolarmente ogni 3 o 4 ore, provocando la sensazione dell'appetito e, se esso non viene soddisfatto, provoca i crampi caratteristici.

Anche la secrezione del succo gastrico (come quella della saliva) è sottoposta a numerosi e complicati

stimoli riflessi. Si è calcolato che su ogni millimetro quadrato di mucosa gastrica si aprono 100÷150 orifici ghiandolari che riversano succo gastrico. Questo succo contiene numerose sostanze, fra cui fondamentali sono, oltre all'acqua, l'acido cloridrico e 3 enzimi: la pepsina, la chimosina e la lipasi. L'acido cloridrico, presente nella percentuale dello 0,4%÷0,6% ha una potente azione battericida, ossia distrugge i germi che penetrano nello stomaco con il cibo. Inoltre ha un'azione coadiuvante nella scissione delle proteine. I tre enzimi hanno il compito di scindere le sostanze alimentari ingerite in composti più semplici, come la ptialina, contenuta nella saliva, fa con gli amidi: la pepsina attacca le sostanze proteiche (già entrate in composizione con l'acido cloridrico), la chimosina coagula il latte e la lipasi attacca i grassi.

Dopo circa mezz'ora dall'inizio dell'ingestione del cibo, si iniziano i movimenti peristaltici gastrici, simili a quelli dell'esofago, che dal fondo dello stomaco spingono il contenuto verso il piloro. Ma il piloro a differenza del cardias è dotato di uno sfintere (anello muscolare) il quale resta chiuso. Ne consegue che le sostanze contenute nello stomaco, respinte dal piloro, tornano indietro. Questo movimento antiperistaltico, ripetuto per due o tre ore, determina un rimescolamento continuo del materiale ingerito, il quale viene a contatto in tutte le sue parti con il succo gastrico che intanto agisce fluidificandolo e lo trasforma in una massa grigiastra chiamata chimo.

Quando tutto il cibo ingerito è trasformato in **chimo**, sotto l'impulso dei movimenti peristaltici passa in modo graduale, a fiotti, attraverso il piloro che, normalmente chiuso, è pronto a dilatarsi quando l'acidità del chimo si attenua. Il contenuto gastrico giunge quindi nel duodeno, che è lungo circa 26cm. e rappresenta la prima parte dell'intestino tenue.

Duodeno

Nella superficie interna del duodeno, il quale è a forma di ferro di cavallo ed è addossato alla parete posteriore dell'addome, vi è una sporgenza chiamata ampolla di Vater. Essa è lo sbocco comune di due condotti: il coledoco che viene dal fegato e il dotto pancreatico che viene dal pancreas. Il coledoco riversa nel duodeno la bile (succo epatico), il dotto pancreatico il succo pancreatico. Queste due sostanze continuano la trasformazione chimica delle sostanze alimentari già iniziata nella bocca dalla ptialina e nello stomaco dal succo gastrico.

Le funzioni della bile sono molteplici. Per la maggior parte sono svolte dai sali biliari sintetizzati dal fegato che favoriscono l'emulsione dei grassi nel succo duodenale e rendono solubili in acqua sostanze normalmente insolubili. La bile, inoltre, facilita l'azione di alcuni elementi digestivi, frena la moltiplicazione dei batteri nell'intestino, stimola la peristalsi intestinale e agisce sull'acidità del chimo rendendolo alcalino. Quando ricompare l'acidità del contenuto la neutralizza recando in sé una forte quantità di carbonato sodico.

Il succo pancreatico ha l'azione più energica di ogni altra nel processo digestivo e agisce su tutti i principi alimentari. Contiene tre importanti enzimi: la tripsina, la steapsina e l'amilopsina. La tripsina completa la trasformazione delle sostanze proteiche già iniziata nello stomaco dalla pepsina; la steapsina attacca con maggiore energia i grassi già preparati dall'azione della lipasi nello stomaco e della bile nel duodeno; l'amilopsina completa la scissione degli amidi cominciata dalla ptialina nella bocca.

L'intestino

Il cibo dalla bocca all'esofago e poi dallo stomaco al duodeno, viene sottoposto ad una serie di azioni meccaniche e chimiche che modificano profondamente la sua struttura fino a quella del chimo che dal piloro gastrico passa al duodeno. Tale modificazione continua nell'**ileo** (detto anche digiuno che è la seconda parte dell'intestino tenue) e nell'**intestino crasso** (o "grosso intestino").

L'ileo, che è dunque la porzione compresa tra il duodeno e l'intestino crasso, ha una lunghezza di circa 8 metri e si distingue anzitutto dal duodeno perché è fluttuante. Come il duodeno, lo stomaco e l'esofago, l'ileo è formato da tre strati: una tunica esterna costituita dal **peritoneo**, una tunica media con muscolatura liscia e una tunica interna mucosa che continua nel piloro con la mucosa dello stomaco e alla sua estremità inferiore con la mucosa dell'intestino crasso. Questa tunica mucosa dell'ileo oltre ad essere rivestita da tessuto epiteliale cilindrico, è cosparsa di numerose pieghe circolari (valvole conniventi) che hanno lo scopo di aumentare la superficie assorbente dell'intestino; inoltre è ricoperta da un enorme numero di formazioni caratteristiche chiamate **villi** che hanno il compito di assorbire le sostanze alimentari dopo che sono state digerite.

I villi intestinali sono piccole sporgenze coniche che si sollevano su tutta l'estensione della mucosa interna dell'ileo e che le conferiscono un aspetto vellutato. Ogni villo è attraversato per tutta la sua lunghezza da un capillare linfatico che si arresta a fondo cieco sotto l'apice del villo. Inoltre una rete molto fitta di capillari sanguigni circonda completamente ciascun villo.

Nella mucosa intestinale vi sono anche numerose ghiandole e moltissimi linfonodi raggruppati in placche. Il chimo passa nell'ileo dove viene a contatto con il **succo enterico** prodotto appunto dalle ghiandole intestinali. Disposte tra i villi esse producono vari enzimi: il principale, l'erepsina ha il compito di modificare quello che resta delle sostanze proteiche già trasformate dalla pepsina nello stomaco e dalla tripsina nel duodeno. Il succo enterico contiene altri fermenti che provocano le ultime trasformazioni degli amidi e dei grassi. Così modificato, il chimo si muta in un liquido denso e filante di colorito lattescente, che prende il nome di **chilo**.

La digestione intestinale viene comandata dalle cellule specializzate che formano i villi. Per esempio, la maggior parte dello zucchero è assorbita dalle cellule epiteliali dei villi e nell'interno di essi si trasforma in zuccheri più semplici: il glucosio e il fruttosio. Questa scissione dello zucchero si compie proprio nell'orletto a spazzola che costituisce la parte esterna delle cellule epiteliali dei villi intestinali. Attraverso i villi avviene l'assorbimento del chilo le cui sostanze solubili in acqua passano fra cellula e cellula, e quelle insolubili, come i grassi, nell'interno delle cellule stesse. Durante questo passaggio, nell'interno dei villi hanno luogo complicati processi biochimici che trasformano ulteriormente le sostanze assorbite come ad esempio i grassi alimentari che si trasformano in acidi grassi destinati a nutrire tessuti.

L'acqua e le bevande in genere passano dall'intestino al sangue per una semplice differenza di concentrazione (osmosi); e così anche i sali solubili in acqua. Il glucosio, gli aminoacidi e i grassi vengono assorbiti con l'intervento di complesse forze fisico-chimiche e sotto lo stimolo della circolazione sanguigna rapida e intensa.

Attraverso i capillari linfatici dei villi, detti vasi chiliferi, passano soltanto i grassi trasformati in acidi grassi.

Sono essi, che con le loro minutissime gocce in sospensione, conferiscono alla linfa il suo caratteristico aspetto latteo. Questi vasi linfatici provenienti dall'intestino confluiscono a un grosso collettore linfatico, il **dotto toracico** che versa la linfa nella vena cava ascendente, cioè direttamente nella circolazione sanguigna. Gli altri composti (glucosio e aminoacidi) passano invece nei capillari venosi dei villi che si riuniscono infine nella grossa vena porta la qual arriva al fegato che provvede alla successiva elaborazione e utilizzazione di tali sostanze nutritive.

Nei circa 8 metri dell'ileo avvengono dunque i principali fenomeni di assimilazione, per cui il chilo subisce la digestione massima e si riduce notevolmente di volume. La parte non assorbita, spinta dai movimenti intestinali peristaltici, passa nell'intestino crasso attraverso la valvola ileo-ciecale che serve per regolare il passaggio del rimanente contenuto intestinale e ad impedirne il reflusso.

L'**intestino crasso**, lungo circa un metro e mezzo, viene distinto in quattro sezioni: il cieco, il colon, il sigma e il retto. Dal **cieco**, che è la parte iniziale del crasso, si stacca l'**appendice**, organo tubolare a fondo chiuso, la cui funzione e importanza sono tuttora oscure. La seconda parte dell'intestino crasso, il **colon**, ha un decorso ascendente, trasverso e discendente. Il **sigma**, a sua volta, descrive due curve a forma di S. Il **retto** è l'ultima parte dell'intestino e si apre all'esterno con l'**ano** dotato di un anello muscolare (sfintere). La conformazione esterna dell'intestino crasso si differenzia da quella dell'intestino tenue per la presenza di tre banderelle muscolari longitudinali chiamate tenie. Come negli altri tratti del tubo intestinale (escluso il retto) il crasso riceve il sangue dall'arteria mesenterica (un ramo dell'aorta) e lo distribuisce fino alla confluenza della vena porta. La parte degli alimenti non assorbita dall'ileo passa nell'intestino crasso, a cominciare dal cieco. E' questa un'ansa destinata, negli animali erbivori, alla digestione della cellulosa che nell'uomo viene invece espulsa parzialmente indigerita e serve da stimolo meccanico per l'eliminazione dei rifiuti intestinali. Ai residui intestinali che si raccolgono nel cieco. Dove possono restare per circa 10-12 ore, sono mescolati i pigmenti biliari, i sali, le cellule mucose che si sono sfaldate dalla parete interna del tubo intestinale e i succhi digestivi in eccesso. Tutti questi prodotti subiscono l'azione di una ricchissima popolazione microbica, costituita da batteri di vario tipo e da protozoi che vivono e si riproducono nell'intestino senza recare danno all'organismo anzi cooperando alla scissione definitiva delle sostanze di origine alimentare. Per esempio le proteine vengono denaturate in composti ammoniacali con sviluppo di gas come idrogeno, metano e altri; i carboidrati danno origine ad acidi come il lattico e butirrico.

Nel secondo tratto dell'intestino crasso, cioè il colon, il resto del contenuto intestinale subisce una concentrazione per assorbimento della sua parte acquosa da parte del colon stesso. Infine passa nel sigma e si accumula nel retto sotto forma di *feci*, in attesa dell'espulsione. Le feci sono costituite da prodotti di rifiuto, ossia da sostanze indigeribili o non digerite, oltre che da prodotti tossici del ricambio organico.

L'apparato circolatorio

Il cuore è un organo cavo formato da un particolare tipo di tessuto muscolare (tessuto striato cardiaco), le cui contrazioni avvengono in modo ritmico e involontario e sono regolate da strutture (nodi) che funzionano come pacemaker naturali. La funzione del cuore è quella di spingere il sangue e di farlo circolare nell'apparato circolatorio: questo organo, infatti, contraendosi, agisce come una pompa.

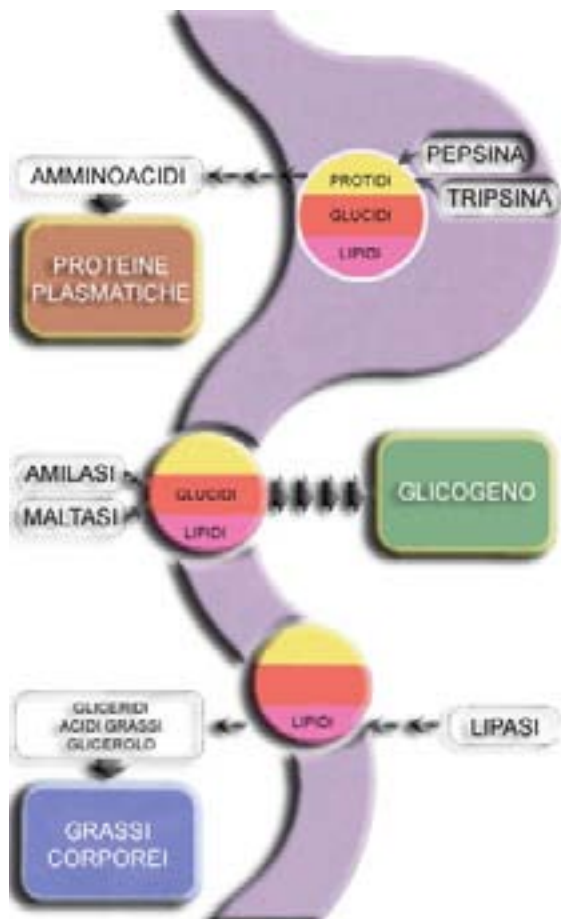
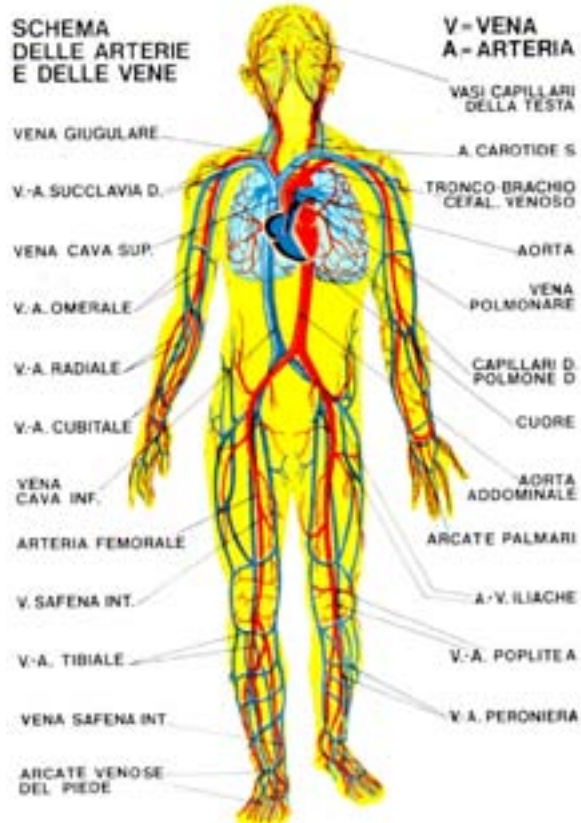


Figura 36

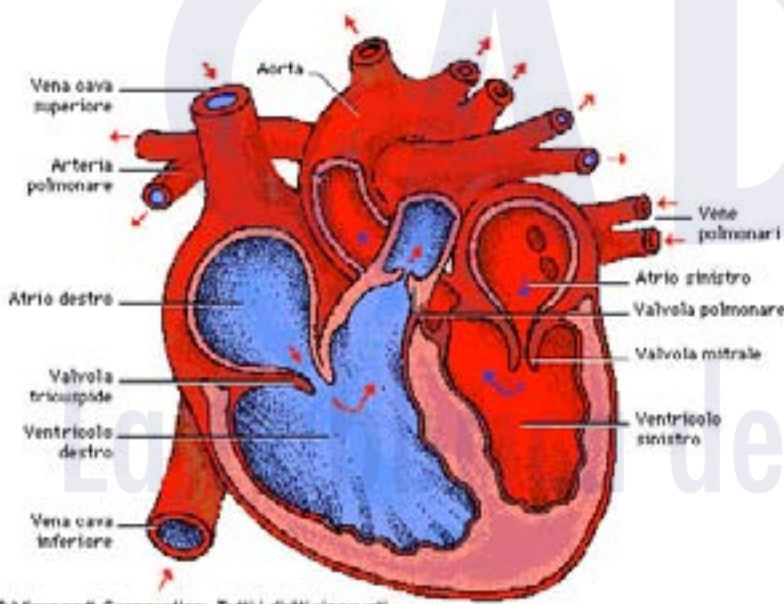
APPARATO CIRCOLATORIO



Nell'uomo il cuore ha circa le dimensioni del pugno di una mano ed è situato dietro lo sterno, spostato in basso e leggermente a sinistra rispetto alla linea mediana del corpo. Ha forma conica, con la base rivolta verso l'alto, a destra e in direzione posteriore, e la punta in contatto con la parete del torace tra la quinta e la sesta costa. Il cuore è avvolto dal pericardio, un sacco con funzioni protettive formato da due membrane: una più interna, che lo riveste, e una più esterna, che aderisce allo sterno, al diaframma e alle membrane del torace. È collegato all'arteria aorta e a altri vasi di grosso calibro.

Struttura e funzione

Il cuore può essere diviso in due sistemi paralleli e indipendenti, uno a sinistra e uno a destra, ognuno formato da due cavità, l'atrio (collocato nella porzione superiore dell'organo) e il ventricolo (che si trova nella porzione inferiore), tra loro separate da una valvola atrioventricolare (tricuspide a destra e bicuspide o mitrale a sinistra). I due sistemi, per la loro posizione anatomica, vengono spesso chiamati cuore destro e cuore sinistro e sono completamente separati da un setto muscolare. Gli impulsi nervosi che provocano la contrazione del cuore hanno origine autonomamente e ritmicamente in strutture di muscolatura specializzata dette nodi: dal nodo senoatriale, situato nell'atrio destro, gli impulsi si diffondono attraverso gli atri e raggiungono il nodo atrioventricolare, collegato a un fascio di fibre nervose chiamato fascio di His. Questo si divide in due rami principali, destro e sinistro, e raggiunge la muscolatura dei ventricoli. L'alternarsi dei movimenti di contrazione e di rilassamento del muscolo cardiaco determina una sequenza di eventi che viene chiamata ciclo cardiaco. In una prima fase si verifica la contrazione dei due atri (presistole); in una seconda fase si ha la contrazione dei ventricoli (sistole); infine, in una terza fase si ha un rilassamento di tutte e quattro le cavità cardiache (diastole). L'intero ciclo dura circa 0,8 secondi e permette al cuore di ricevere il sangue, di farlo circolare nelle sue cavità e di spingerlo nei vasi. Il cuore riceve nell'atrio destro il sangue venoso, povero di ossigeno: quello proveniente dalle parti del corpo al di sopra e al di sotto del diaframma arriva mediante due grosse vene (la vena cava superiore e la vena cava inferiore), il sangue invece, dal muscolo cardiaco è trasportato dalle vene coronarie. L'atrio sinistro riceve il sangue arte-



©Microsoft Corporation. Tutti i diritti riservati.

Figura 37

Figura 38

Il cuore riceve nell'atrio destro il sangue venoso, povero di ossigeno: quello proveniente dalle parti del corpo al di sopra e al di sotto del diaframma arriva mediante due grosse vene (la vena cava superiore e la vena cava inferiore), il sangue invece, dal muscolo cardiaco è trasportato dalle vene coronarie. L'atrio sinistro riceve il sangue arte-

rioso, ricco di ossigeno, proveniente dai polmoni, mediante le vene polmonari. La contrazione degli atri e la contemporanea apertura delle valvole atrioventricolari determina il passaggio del sangue venoso nel ventricolo destro e di quello arterioso nel ventricolo sinistro. La successiva contrazione dei ventricoli e la contemporanea chiusura delle valvole atrioventricolari spinge il sangue venoso nelle arterie polmonari e quello arterioso nell'arteria aorta. In tal modo, il sangue povero di ossigeno raggiunge i polmoni, dove si arricchisce di ossigeno, e il sangue ricco di ossigeno va a irrorare tutte le parti del corpo. Nel cuore sono presenti due valvole atrioventricolari (tricuspide e mitrale), che impediscono al sangue di refluire rispettivamente dalle arterie aorta e polmonare nei corrispondenti ventricoli. In ogni ciclo cardiaco, il cuore produce due suoni, chiamati toni cardiaci. Il primo segue la chiusura delle valvole atrioventricolari il secondo segue la chiusura delle valvole aortica e polmonare. Nelle malattie cardiache questi suoni regolari possono essere sostituiti o accompagnati da soffi, cioè da suoni provocati dal flusso turbolento del sangue attraverso valvole malfunzionanti o aperture anomale. Il rilevamento di questi soffi è molto importante a fini diagnostici.

CADF

La Fabbrica dell'Acqua

L'apparato respiratorio

Gli scambi gassosi

La respirazione cellulare consiste nella demolizione delle molecole organiche per produrre ATP. La cellula necessita di un adeguato apporto di O_2 affinché le due fasi della respirazione cellulare, il ciclo di Krebs e la catena respiratoria, convertano l'energia contenuta nelle molecole organiche in energia immagazzinata sotto forma di ATP. La CO_2 che viene generata dal metabolismo cellulare, deve essere rimossa dalla cellula. Deve quindi avvenire uno scambio gassoso: la CO_2 deve uscire dalla cellula e l' O_2 entrare. Per respirazione si intende dunque un complesso di funzioni che coinvolgono diversi organi e apparati e che infine porta allo scambio dei gas per **diffusione** tra le cellule utenti e il mezzo contenente i gas stessi.

Le superfici respiratorie

Anche nella respirazione l'acqua svolge diverse funzioni.

Tutte le superfici respiratorie infatti devono essere bagnate per svolgere la loro funzione, precisamente sia l' O_2 che la CO_2 devono essere sciolti nell'acqua per poter diffondere.

Negli organismi unicellulari lo scambio gassoso avviene direttamente attraverso la loro membrana cellulare. Anche in piccoli organismi animali lo scambio avviene direttamente tramite la superficie corporea, purché l'animale presenti una forma appiattita, oppure una cavità centrale continua con l'ambiente esterno, in cui circola l'acqua (spugne). In ogni caso questi animali sono di taglia piccola.

Gli animali di grossa taglia non possono mantenere lo scambio gassoso per diffusione attraverso la superficie corporea. Essi hanno evoluto organi e apparati specializzati per gli scambi gassosi, dotati di una particolare conformazione che consente un imponente sviluppo superficiale.

Gli adattamenti della funzione respiratoria

Le principali strutture specializzate che, come frutto dell'evoluzione, si sono sviluppate per funzionare da superfici di scambio tra l'organismo e l'ambiente sono le branchie, le trachee e i polmoni.

I polmoni si presentano come due sacchi elastici avvolti da due sottili foglietti, le pleure. L'aria attraverso il naso, la faringe, la laringe, la trachea ed i bronchi arriva finalmente ai polmoni dove negli alveoli polmonari avvengono gli scambi gassosi con il sangue. Quindi entra l'ossigeno ed esce l'anidride carbonica che noi espelliamo con l'espiazione. I nostri polmoni sono due formidabili spugne che hanno però nemici che possono facilmente danneggiarli come il fumo di sigaretta e l'inquinamento.

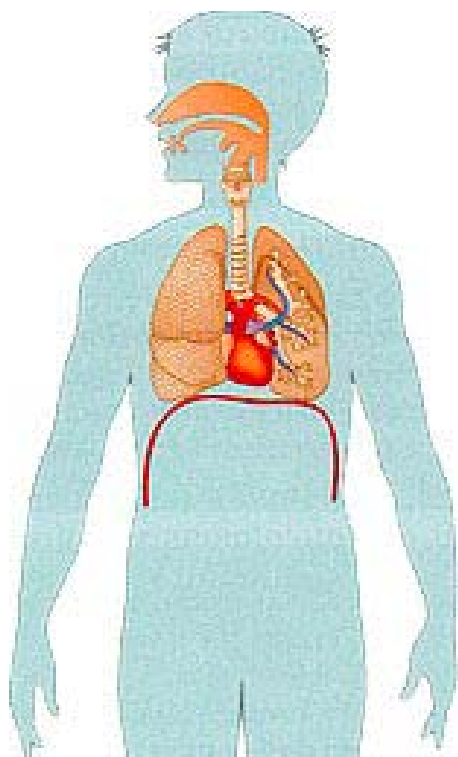


Figura 39

Il sistema respiratorio dell'uomo

Il sistema respiratorio dell'uomo comprende i polmoni, le vie respiratorie che li connettono all'ambiente esterno e le strutture toraciche che convogliano l'aria dentro e fuori dai polmoni.

L'aria entra nel corpo attraverso il naso dove, passando attraverso le cavità nasali, viene scaldata e filtrata. Prosegue quindi nella faringe che presenta l'epiglottide, la quale impedisce al cibo di entrare nella trachea. La parte superiore della trachea contiene la laringe. Le corde vocali sono due nastri di tessuto che si estendono attraverso l'apertura della laringe. Dopo aver passato la laringe l'aria entra nei bronchi.

Bronchi

I bronchi sono rinforzati da anelli cartilaginei per impedirne il collasso e tappezzati da un epitelio cigliato contenente ghiandole mucipare. I bronchi si ramificano in condotti via via più sottili, i bronchioli formando una specie di albero capovolto.

Alveoli

I bronchioli sboccano in minuscole sacche simili ad acini d'uva chiamate alveoli. Ogni alveolo è circondato da una rete di capillari sanguigni ed è rivestito all'interno da uno strato umido di cellule epiteliali. Solo circa $0,2\mu\text{m}$ separano l'aria contenuta negli alveoli dal sangue dei capillari. E' qui che avviene lo scambio gassoso tra l'aria contenuta negli alveoli e il sangue dei capillari.

Ventilazione

Nel corpo i polmoni sono sospesi nella cavità toracica, all'interno della cassa toracica e poggiano su un ampio muscolo laminare a forma di cupola, il diaframma, che separa la cavità toracica da quella addominale. Ciascun polmone è circondato da due sottili membrane, le pleure, di cui quella interna aderisce al polmone e quella esterna alla cavità toracica; tra le pleure vi è uno strato di liquido lubrificante che facilita lo scorrimento durante i movimenti respiratori.

La ventilazione avviene in due fasi: l'inspirazione e l'espirazione. Durante l'inspirazione i muscoli intercostali si contraggono provocando il sollevamento e un leggero distanziamento delle costole, contemporaneamente il diaframma si abbassa e la sua "cupola" si appiattisce, provocando la dilatazione della cavità toracica, diminuisce così la pressione dell'aria nei polmoni e di conseguenza l'aria fluisce dall'esterno nei polmoni. L'espirazione, cioè la fuoriuscita passiva dell'aria dai polmoni, è il risultato dell'inversione delle fasi appena descritte.

Gli alveoli e lo scambio gassoso

La diffusione è il processo per cui una sostanza migra spontaneamente da una regione in cui la sua concentrazione è più alta ad una regione in cui la sua concentrazione è più bassa. Le differenze tra le concentrazioni di ossigeno e di anidride carbonica sono misurate in pressioni parziali. Maggiore è la differenza tra le pressioni parziali, maggiore è il tasso di diffusione.

I pigmenti respiratori aumentano la capacità del sangue di trasportare l'ossigeno. L'uomo possiede un pig-

mento rosso l'**emoglobina**. Essa aumenta la capacità del sangue di trasportare ossigeno da 65 a 70 volte. Ogni globulo rosso ha circa 250 milioni di molecole di emoglobina. La concentrazione di ossigeno nelle cellule è bassa (quando lascia i polmoni il sangue è saturo al 97% di ossigeno), così l'ossigeno, quando raggiunge i capillari, diffonde dal sangue nelle cellule.

La concentrazione di anidride carbonica nelle cellule metabolicamente attive è maggiore che nei capillari, così l'anidride carbonica diffonde dalle cellule nei capillari. L'acqua contenuta nel sangue si combina con l'anidride carbonica formando acido carbonico, il quale si dissocia in ione bicarbonato e ione ossigeno. Ciò provoca la rimozione dell'anidride carbonica dal sangue, così la diffusione di anidride carbonica dalle cellule nel sangue può continuare.

Nei capillari degli alveoli il bicarbonato si combina con lo ione idrogeno formando acido carbonico, che si dissocia in anidride carbonica e acqua. L'anidride carbonica diffonde quindi negli alveoli e poi fuori dal corpo con l'espiazione.

Apparato escretore

La cellula vivente può essere paragonata a una minuscola fabbrica che richiede un costante afflusso di materie prime e lo smaltimento continuo di sostanze di rifiuto, alcune delle quali risulterebbero tossiche a concentrazioni elevate. L'attività integrata degli apparati digerente, cardiovascolare, respiratorio e urinario evita lo sviluppo di una simile intossicazione all'interno del corpo. Il tubo digerente assorbe i nutrienti dal cibo e il fegato ne regola la concentrazione ematica. Il sistema cardiovascolare trasferisce questi nutrienti e l'ossigeno dall'apparato respiratorio ai tessuti periferici. Allontanandosi da questi tessuti il sangue trasporta l'anidride carbonica e le scorie prodotte ai luoghi di escrezione. Molti rifiuti organici vengono rimossi ed escreti dall'apparato urinario.

L'apparato urinario svolge diverse funzioni:

- **elimina i prodotti organici di scarto** specialmente i rifiuti azotati come l'urea e l'acido urico
- **regola la concentrazione plasmatica** di sodio, potassio, cloro, calcio ed altri ioni che vengono eliminati con le urine
- **regola la volemia e la pressione arteriosa** attraverso il controllo dell'acqua persa con le urine, la liberazione di ormoni come l'eritropoietina (che stimola la produzione di globuli rossi) e la liberazione della renina
- **contribuisce alla regolarizzazione del pH ematico**
- **conserva nutrienti preziosi**, come il glucosio e gli amminoacidi, che non vengono eliminati con le urine
- **collabora con il fegato nell'opera di disintossicazione dai veleni**

Il sistema digerente demolisce le proteine negli amminoacidi costituenti, che poi vengono assorbiti. Quando gli amminoacidi sono inglobati nelle cellule, alcuni vengono utilizzati direttamente per la sintesi di nuove proteine, altri subiscono la rimozione del gruppo amminico (-NH₂) e vengono poi utilizzati come fonte di energia o per la sintesi di nuove molecole. I gruppi amminici sono liberati sotto forma di ammoniaca (NH₃), una sostanza molto tossica. Il sangue traspor-

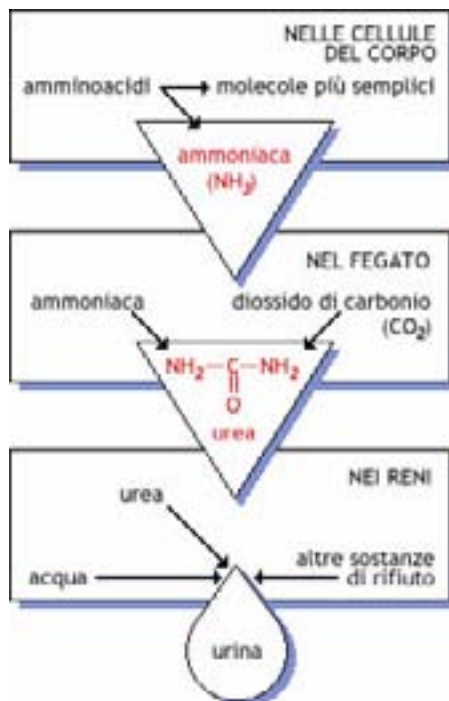


Figura 40

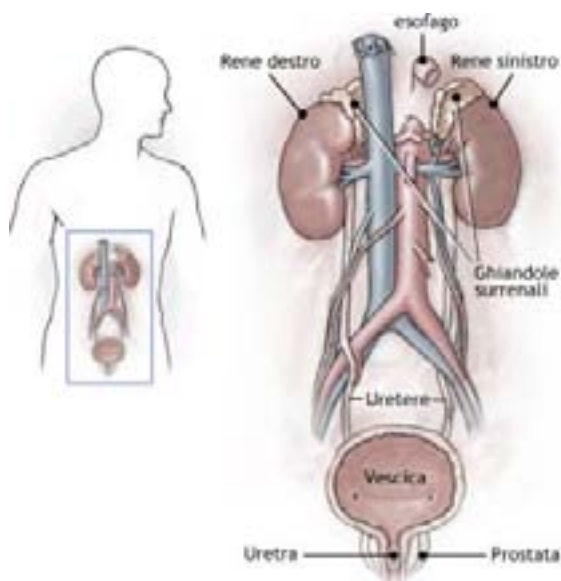


Figura 41

ta l'ammoniaca al fegato dove viene trasformata in urea, una sostanza molto meno tossica. I reni filtrano dal sangue l'urea che viene eliminata con l'urina, un liquido contenente acqua in cui sono disciolte sostanze di rifiuto e una parte dei nutrienti in eccesso. La produzione dell'urina comporta essenzialmente tre fasi: la filtrazione, il riassorbimento e la secrezione.

Il sangue carico di prodotti di rifiuto provenienti dalle cellule penetra nel rene tramite un'arteria renale e, dopo essere stato filtrato, ne esce attraverso la vena renale. I reni producono quindi l'urina, un liquido che contiene acqua, ioni e piccoli composti solubili. L'urina abbandona i reni incanalandosi negli ureteri che, grazie a una serie di contrazioni peristaltiche, la fanno affluire alla vescica, un organo cavo muscolo-membranoso che funge da serbatoio di raccolta dell'urina. Le pareti della vescica sono costituite da un robusto strato di fibre muscolari lisce che si possono estendere in misura notevole. L'urina si raccoglie nella vescica grazie a due sfinteri posizionati poco sopra il punto di congiunzione con l'uretra. Quando la vescica si dilata, i recettori nella sua parete innescano un'azione riflessa che provoca l'apertura automatica dello sfintere interno, quello cioè posto più in alto. Lo sfintere esterno è invece controllato dalla volontà. L'urina completa il suo tragitto verso l'esterno attraverso l'uretra, un piccolo canale lungo circa 3,8 cm nella donna e 20 cm nell'uomo.

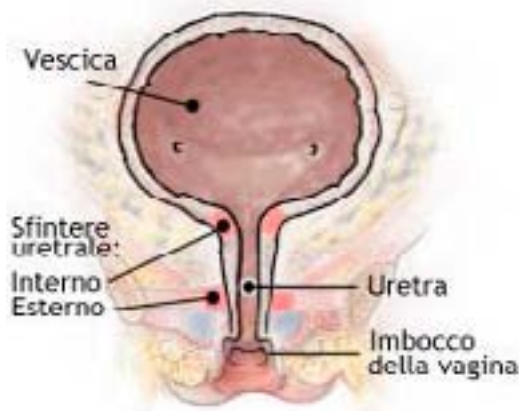
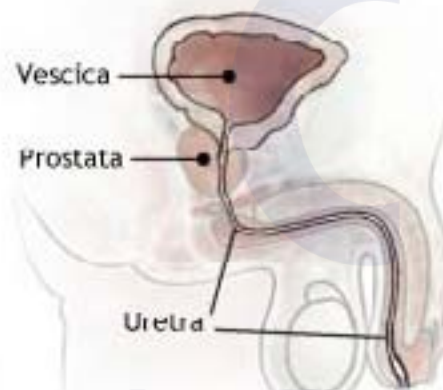


Figura 42



Struttura del rene

Le funzioni escretorie sono espletate dai reni che sono responsabili di tutte le operazioni di filtrazione e trasporto dell'urina. Ciascun rene ha la forma di un fagiolo americano, con una parte depressa, detta ilo, situata in corrispondenza del margine mediale. Il rene dell'adulto è lungo circa 10-14 cm, largo 5-7 cm, presenta uno spessore di 4-5 cm e ha un peso di circa 150 grammi. È da tener conto però che tali valori subiscono variazioni notevoli in relazione alla costituzione individuale e alle abitudini alimentari. Nella forma tipica il rene presenta due facce, anteriore e posteriore, due margini, laterale e mediale, e due poli, superiore e inferiore.

La superficie dell'organo è ricoperta da una densa capsula fibrosa e, vista in sezione, la parte più interna della capsula ripiega verso l'interno dell'ilo per delineare una cavità interna, il seno renale. I vasi renali e l'uretere fuoriescono dal rene attraverso l'ilo.

Visto in sezione, il rene può essere suddiviso in una parte più esterna, corticale, ed una più interna, midollare. Quest'ultima contiene da 6 a 18 strutture coniche dette piramidi le cui estremità, papille, si aprono nel seno renale. La sostanza corticale si sistema anche tra le piramidi a costituire le cosiddette colonne renali. All'interno del seno renale si trovano i calici minori in numero pari a quello delle piramidi. Ciascun calice

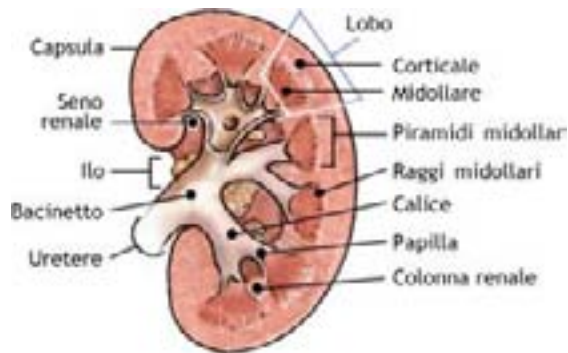


Figura 43

minore ha forma di un imbuto che circonda la papilla renale. I calici minori confluiscono in tre calici maggiori i quali fanno capo al bacinetto renale. Al bacinetto renale si collega l'uretere.

Al confronto con altri organi, l'organizzazione microscopica del rene è piuttosto complessa.

L'unità funzionale del rene è il nefrone. L'uomo possiede approssimativamente 1-1.5 milioni di nefroni. All'interno di ogni singolo nefrone avvengono le tre funzioni principali dei reni:

- **la filtrazione:** la filtrazione del sangue avviene nei glomeruli, costituenti dei corpuscoli renali. Durante la filtrazione, la pressione idrostatica spinge l'acqua attraverso una membrana: le molecole di soluto abbastanza piccole da attraversare i pori della membrana vengono trascinate dalle molecole dell'acqua circostante. Il filtrato prodotto si trasferisce poi lungo il resto del nefrone, al sistema collettore.
 - **il riassorbimento:** il riassorbimento è dato dalla rimozione di acqua e molecole di soluto dal filtrato. Sono coinvolti molti meccanismi: il riassorbimento dell'acqua avviene passivamente per osmosi, il riassorbimento dei soluti può implicare la semplice diffusione o l'azione delle proteine di trasporto dell'epitelio tubolare. Le sostanze riassorbite dal filtrato si trasferiscono nel liquido peritubolare dal quale possono eventualmente rientrare nel sangue.
 - **la secrezione:** la secrezione è il trasporto dei soluti attraverso l'epitelio dal filtrato: la secrezione di solito implica l'attività delle proteine di trasporto dell'epitelio tubolare.
- Dal punto di vista funzionale ciascun nefrone si compone di due diverse parti: **il corpuscolo renale** che si occupa della filtrazione **ed il tubulo renale** che realizza il riassorbimento e la secrezione.

Corpuscoli renali

Si tratta di una formazione sferica delle dimensioni di 0,2-0,3 mm, prevalentemente costituita da una rete capillare a gomitolo, il glomerulo, attraverso il quale la parte liquida del sangue viene filtrata e raccolta in una struttura circostante a forma di calice, la capsula di Bowman. La capsula di Bowman rappresenta l'inizio a fondo cieco del sistema tubolare. Nel corso dell'evoluzione questa parte, che si pone in continuità con il tubulo contorto prossimale, si è dilatata e ha circondato il glomerulo. Ne è risultata una struttura dotata di doppia parete, il cui foglietto interno è strettamente in rapporto con l'endotelio capillare del glomerulo. Le cellule epiteliali di tale strato della capsula di Bowman si sono trasformate nei tipici podociti (cellule formate di pedicelli), tra i cui prolungamenti **l'acqua e le piccole molecole solubili vengono filtrate dal glomerulo passando quindi nel sistema tubolare. Tale liquido è denominato filtrato glomerulare o preurina.** Il corpuscolo renale possiede, quindi, un polo vascolare nell'unico punto che non risulta circondato dalla capsula di Bowman (sbocco e origine dei vasi afferenti ed efferenti) nonché un polo urifero situato dal lato opposto, che costituisce l'inizio del sistema tubolare e che comunica con la camera glomerulare, lo spazio compreso tra i foglietti parietale e viscerale della capsula.

Il sangue rimasto nell'arteriola efferente dal glomerulo a questo punto è molto "concentrato", contenendo una modesta quantità di acqua con relativi soluti e particelle troppo voluminose per superare la barriera delle pareti dei capillari, come globuli rossi e bianchi, grosse proteine o goccioline di grasso. Oltre il glomerulo l'arteriola efferente si ramifica nuovamente in altri capillari delle pareti permeabili, che si attorcigliano

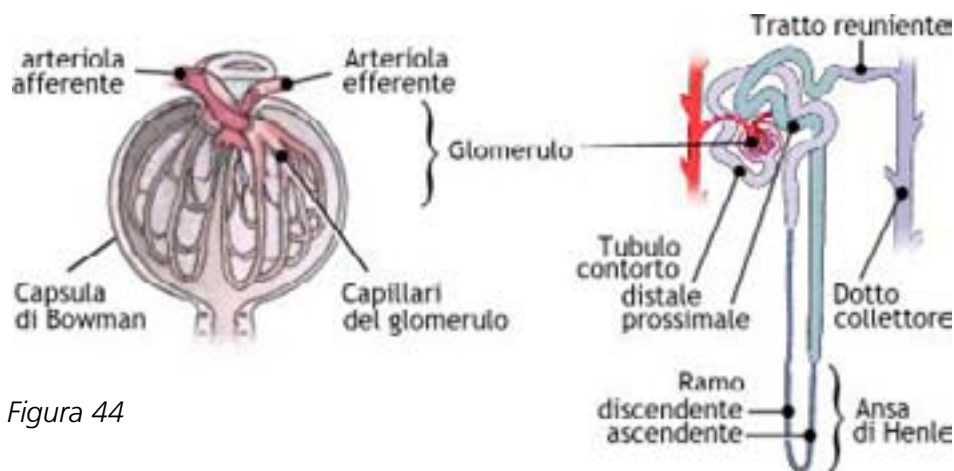


Figura 44

e si intrecciano in una rete attorno al tubulo, consentendo **il riassorbimento dal filtrato delle sostanze utili, che vengono reimmesse nel circolo sanguigno**; invece, **le sostanze di rifiuto rimaste nel sangue dopo la filtrazione vengono trasferite nel filtrato per essere eliminate.**

Tubuli renali

Il tubulo renale si suddivide dapprima nel tubulo prossimale, poi nell'ansa di Henle (che discende nella sostanza midollare) e infine nel tubulo distale, che conduce al dotto collettore. Attraverso i capillari glomerulari circa 200 l di filtrato glomerulare raggiungono giornalmente la camera glomerulare ed il 99% di tale liquido deve rientrare nel torrente sanguigno. **Il nefrone, infatti, restituisce al sistema circolatorio i materiali utili e quasi tutta l'acqua**, trattenendo le scorie che dovranno essere eliminate. Tale compito è affidato ai tubuli renali e si realizza tramite due meccanismi: il riassorbimento tubolare e la secrezione tubolare.

Il riassorbimento tubolare Le cellule del tubulo prossimale riassorbono normalmente il 60% del volume di filtrato prodotto nel corpuscolo renale. **Il sodio viene assunto attivamente**, in un processo che comporta dispendio di energia, dalle cellule tubolari, viene trasportato attraverso il citoplasma e rilasciato sul versante opposto in corrispondenza della membrana basale dove viene immesso nei capillari peritubulari. **Il trasporto attivo del sodio è centrale rispetto a tutti gli altri meccanismi di riassorbimento**: con la fuoriuscita del sodio dal lume si stabilisce una differenza di pressione osmotica fra lume e sangue, cui segue una fuoriuscita di acqua dal lume tubulare. Il trasporto attivo del sodio è allo stesso tempo il presupposto per il riassorbimento degli zuccheri, degli aminoacidi e di altre sostanze organiche, in quanto questi elementi possono penetrare nella cellula solo se legati al sodio.

La secrezione La composizione ed il volume del filtrato cambiano sostanzialmente nel tragitto dallo spazio capsulare al tubulo contorto distale. Circa il 60% di acqua ed il 65% dei soluti sono riassorbiti ed un altro 29% di acqua e 25% di sostanze disciolte soprattutto ioni sodio e cloro, penetrano nel liquido peritubulare della midollare lungo l'ansa di Henle. **Il riassorbimento selettivo o la secrezione, in particolare lungo il tubulo contorto distale, mettono a punto poi l'aggiustamento definitivo della composizione del filtrato.** La filtrazione non spinge tutte le sostanze disciolte fuori dal plasma ed il sangue circolante nei capillari peritubulari contiene ancora una certa quantità di sostanze potenzialmente pericolose. In genere la loro presenza non è significativa, perché le restanti concentrazioni sono troppo basse per determinare problemi fisiologici. Se la concentrazione di ioni o componenti specifici nei capillari peritubulari resta troppo elevata, i tubuli possono attivare una secrezione attiva di queste sostanze all'interno del filtrato. Maggiore è la concentrazione, maggiore sarà la secrezione.

Apparato endocrino nervoso

Meccanismi di controllo di traspirazione

I meccanismi di controllo della traspirazione, sono nervosi ed ormonali. I meccanismi nervosi contengono i nervi del sudore ed i centri sovrastanti del nervo. Stimolano direttamente la traspirazione. I nervi del sudore agiscono intorno alla ghiandole. Il nervo simpatico del sistema controlla la traspirazione delle ghiandole. Il centro principale di comando è situato nell'ipotalamo.

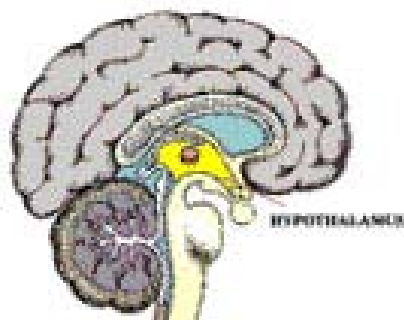


Figura 45

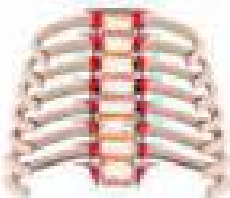


Figura 46

I sensi relativi sono stimolati dai sensori sensibili alla temperatura centrale ed a quella della pelle. Il tasso del sudation inoltre si modula dai parametri fisici nelle vicinanze immediate delle ghiandole. Sono stimolate tramite un aumento nella temperatura di 5°C approssimativamente. Una caduta della temperatura locale della pelle, dell'umidità o della diminuzione che locale di flusso di anima l'attività della ghiandola si è interessata. Una mancanza di acqua all'interno del corpo umano farà diminuire il tasso totale del sudation. 2) meccanismi ormonali: Hanno particolarmente un'azione sulla composizione del sudore. Permettono ai tempi del sudation di effettuare un idro elettrolitico dell'equilibrio.

Composizione di sudore

Il sudore è impianti ipotonici del sale della soluzione (99% di acqua) di cui è difficile da dare una composizione esatta che non è uno stereotipo istantaneo così tanto che questo possa variare secondo la sede, stati del rinnovamento, tipo di stimolo del sudore ed adattamento dell'oggetto.

Stimoli di traspirazione

a) La risposta termica del sudore: Inizialmente è collegato con il numero delle ghiandole stimulate, quindi con un aumento nell'uscita di ogni. Ciò occorre certo tempo di stato latente. Rudemente, **il tronco accerta 50% del sudation termico**, le membra più basse 25%, il resto che sono accertati dalle membra superiori e la testa. Determinate zone sono particolarmente attive per esempio: la faccia, il medio posteriore e precedente di zona toracico. È così il tronco che partecipa soprattutto all'adattamento termico del sudore. b) La risposta psichica del sudore: Questo compare solo dopo uno sforzo impressionabile che ha valso il qualificatore a lui "di freddo sudato". Questo sudation è caratterizzato dalla relativa origine centrale, la relativa velocità dell'apparenza (più meno di 20 secondi) che sembra relativa alla contrazione di azionamento esterno delle ghiandole verso l'esterno il sudore. La relativa topografia è particolare poiché compare nelle zone, o quasi esclusivamente fredde come le palme e le piante, o nelle zone mescolate come la faccia, i axillaires dei popolare, l'inguine o il poplitea; tuttavia in una temperatura ambientale sollevata, sopra 31°, può essere visto su tutta la superficie del corpo. c) La risposta gustativa del sudore: Si presenta a molta gente normale dopo l'ingestione del pepe. Questa traspirazione della faccia che si estende a volte fino il collo e l'più alta parte del tronco dipende da un riflesso midollare dell'arco.

Regolazione della temperatura corporea

L'acqua rispetto alle altre sostanze ha un elevato calore specifico: per innalzare di 1°C la temperatura di un grammo di acqua, occorre somministrare una quantità di calore pari ad una caloria (cal). Al contrario per abbassare di 1°C la temperatura di un grammo di acqua, occorre sottrarre una caloria. IL calore specifico dell'acqua è quattro volte quello dell'aria.

L'acqua è fatta di molecole in continuo movimento e quando l'acqua si riscalda, l'energia sottoforma di calore, si traduce in un aumento dell'energia cinetica o di movimento delle sue particelle; viceversa il raffreddamento rallenta la velocità di movimento. IL fatto che l'acqua abbia un elevato calore specifico ha importanti conseguenze dal punto di vista biologico. L'alto contenuto di acqua presente nelle piante e negli animali terrestri, contribuisce a mantenere relativamente costante la loro temperatura interna, il che è fondamentale, dal momento che le relazioni chimiche biologicamente importanti hanno luogo soltanto entro intervalli ristretti di temperatura.

Perché abbiamo sete?

Tutti i meccanismi che regolano l'assunzione di acqua con l'alimentazione e la sua eliminazione, sono direttamente o indirettamente sotto il controllo dei centri ipotalamici situati nel cervello. In questi centri, si trovano dei neuroni (cellule del cervello) da cui dipende lo stimolo ad assumere acqua e che è stato perciò chiamato **centro della sete**. Il centro della sete viene attivato quando nell'organismo si determina una carenza di acqua mentre viene subito inibito quando vi è un eccesso di acqua. I meccanismi regolatori sono di diversa entità e collaborano tra loro. Quando il corpo necessita di acqua, si ha una diminuzione della pressione osmotica del sangue e un conseguente svuotamento dei grossi vasi venosi che sono sensibili alla distensione delle loro pareti. Le pareti venose, producono un ormone l'angiotensina che inizia la stimolazione del centro della sete che a sua volta attiva dei recettori sensoriali posti nella mucosa della bocca e della faringe, stimolando la sensazione di secchezza delle fauci e spingono ad assumere acqua.

Diversi tipi

Sebbene la sete ci sembri sempre la stessa, in realtà esistono due diverse forme di sintomo, a seconda che la sete derivi da un aumento della concentrazione dei soluti (sostanze disciolte nel liquido) nel corpo (sete osmotica) o da una diminuzione totale dei liquidi corporei (sete ipovolemica):

- **Sete osmotica:** la concentrazione delle sostanze disciolte nei liquidi corporei, come potassio (K) e sodio (Na), è mantenuta a un livello più o meno costante dal nostro organismo. Qualsiasi alterazione fa sì che si attivino dei meccanismi in grado di ristabilire la giusta concentrazione di soluti. Questi ultimi sono caratterizzati dalla cosiddetta pressione osmotica, fenomeno grazie al quale possono "trattenere l'acqua" e attrarne altra meno "carica" di sali. Di qui il classico esperimento per cui se si preparano due soluzioni, una più concentrata e l'altra meno, e le si separa con una membrana permeabile, l'acqua tende a passare dal lato dove la soluzione è più concentrata. Più aumenta la concentrazione di soluti nel corpo, maggiore sarà la pressione osmotica dei suoi liquidi. Ciò può dipendere da un'eccessiva perdita di acqua dall'organismo o da un aumento dei soluti introdotti nell'organismo. Il corpo, così, cerca di compensare

la situazione espellendo urina molto concentrata per ridurre i soluti, nonché aumentando lo stimolo della sete per incrementare l'assunzione di acqua.

- **Sete ipovolemica:** nell'organismo la pressione sanguigna deve restare entro determinati parametri. Se è troppo bassa, il sangue non è in grado di trasportare alle cellule sufficienti quantità di acqua e sostanze nutritive. In caso di eccessivi abbassamenti della pressione, l'organismo deve immediatamente cercare di recuperare acqua e soluti, e attiva, così, lo stimolo della sete, che in questo caso prende il nome di "ipovolemica", in quanto causata da un calo del volume ematico. Ma come fa il corpo ad avvertire tale riduzione di volume? Il merito è di alcuni recettori (i barocettori), posti nella parete dei grossi vasi, che sono in grado di rilevare il livello della pressione con cui il sangue ritorna al cuore. Se evidenziano anomalie, inviano un messaggio all'ipotalamo, il quale avrà il compito di stimolare l'aumento dell'introduzione di liquidi (sete). Accanto all'azione cerebrale, però, vi è anche un intervento di tipo ormonale, grazie alla secrezione da parte dei reni di angiotensina II, sostanza in grado di stimolare la contrazione dei vasi sanguigni, così da compensare l'eccessiva riduzione del volume ematico.

Alterazioni del bilancio idrico negli animali

Uno squilibrio del bilancio idrico prolungato nel tempo, può creare una condizione di **disidratazione**, in cui si ha un ridotto contenuto totale di acqua all'interno dell'organismo, oppure a quella di **idratazione**, quando invece il contenuto idrico è aumentato. In ambedue le condizioni si manifestano disturbi che possono essere anche di notevole gravità. L'intossicazione da acqua è una condizione di alterato bilancio idrico che si può determinare quando un soggetto beve molta acqua dopo una sudorazione intensa. Con il sudore infatti non viene eliminata solo l'acqua, ma anche una notevole quantità di sali minerali; l'introduzione di una notevole quantità di acqua non compensa quindi la perdita salina e si ha uno squilibrio del bilancio idrico. Per questo agli sportivi è consigliato bere, anziché acqua pura, una bevanda che contenga una adeguata quantità di sali.

Equilibrio idrico nei pesci

Come abbiamo appena visto, anche le sostanze necessarie possono rappresentare un problema quando sono disponibili in quantità insufficienti o in eccesso rispetto alle necessità dell'organismo. A seconda che i pesci vivano in acqua dolce o salata hanno due tipi di problemi diversi. Se vivono in acqua dolce, hanno bisogno di acqua, come del resto tutti gli altri organismi, ma entra nei loro corpi in continuazione più di quanto sia necessaria e il problema è mantenere l'equilibrio idrico-salino, senza perdere sali in eccesso. Negli organismi che vivono al contrario in acqua salata, la concentrazione di sali è generalmente più bassa all'interno dell'organismo che nell'acqua circostante. Il problema in questo caso è mantenere la quantità di acqua necessaria ed eliminare i sali in eccesso presenti nell'acqua dell'ambiente esterno.

Nei pesci d'acqua dolce, i liquidi del corpo hanno una maggior concentrazione di sali rispetto a quelli dell'ambiente circostante; per questo motivo l'acqua entra nel corpo per osmosi attraverso le branchie: quella in eccesso viene rimossa attraverso i reni ed escreta con le urine. I reni inoltre riassorbono la maggior parte dei soluti essenziali, anche se una parte viene comunque persa con le urine mentre altri lasciano

il corpo per diffusione attraverso le branchie. I sali perduti vengono sostituiti principalmente tramite l'azione delle cellule branchiali specializzate nell'assorbire i sali dall'acqua e, in misura minore anche tramite il cibo.

Nei pesci d'acqua salata, l'acqua lascia il corpo del pesce per osmosi attraverso le branchie e attraverso le urine. Il pesce conserva i suoi normali livelli di liquido bevendo acqua di mare, ma questo comporta anche l'ingestione di sali che vengono eliminati dal sangue ed escreti tramite le cellule branchiali specializzate e tramite le urine.

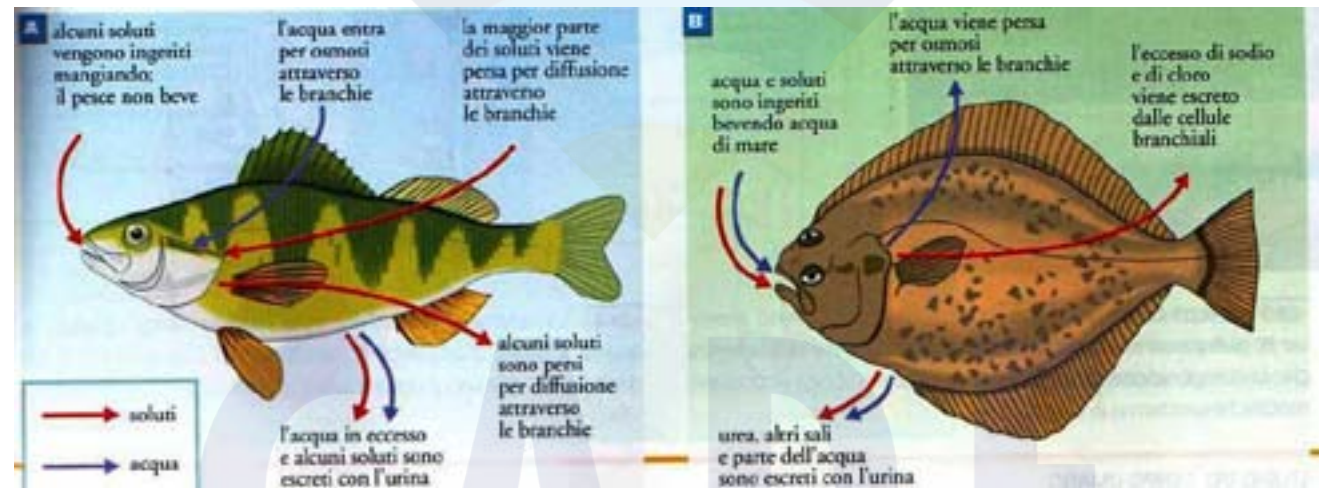


Figura 47