

FISIOLOGIA

Obiettivo della Fisiologia è quello di studiare il funzionamento degli organismi viventi e dei loro componenti.

La Fisiologia Umana analizza i meccanismi cellulari/molecolari nel corpo umano che consentono all'individuo di svolgere quelle funzioni indispensabili per la sopravvivenza del singolo e della specie regolando l'interazione con l'ambiente e con gli altri organismi.

Apparati dell'organismo umano:

- Cardiocircolatorio
- Digerente
- Respiratorio
- Urinario
- Scheletrico
- Muscolare
- Tegumentario
- Immunitario
- Nervoso
- Endocrino
- Riproduttivo

La cellula: la più piccola unità vivente, specializzata per svolgere le diverse funzioni dell'organismo (cellule nervose, muscolari, epiteliali, del sangue)

Tessuto: formato da cellule di un unico tipo.

Organo: i tessuti si combinano per formare gli organi. L'organo cuore è formato da tessuto muscolare, tessuto nervoso (nervi), tessuto epiteliale (valvole), e tessuto connettivo (tendini valvolari)

Sistema o apparato: più organi formano un sistema di organi o sistema fisiologico. Il sistema cardiocircolatorio è formato dal cuore e dai vasi.

Compartimenti idrici dell'organismo: barriere principalmente epiteliali (parete dei capillari) e membrane cellulari dividono l'organismo in compartimenti che contengono liquido.

Acqua corporea totale = volume totale d'acqua formato da liquido intracellulare + liquido extracellulare

Liquido extra-cellulare: è formato da liquido interstiziale, plasma sanguigno.

Il plasma è la parte non corpuscolata del sangue. Quando si parla di acqua corporea dobbiamo considerare che non siamo tutti uguali, come riferimento viene preso il maschio di 70 kg di cui 60 per cento costituito d'acqua. L'acqua cambierà con l'età, il bambino ne avrà tantissima che diminuirà con l'età, le donne hanno meno acqua ma più grasso.

Il 60% dell'organismo è costituito da acqua

Il 40% è liquido extracellulare: $\frac{3}{4}$ liquido interstiziale e $\frac{1}{4}$ di plasma.

Nel 1860/1870 il medico Bernard, quando visitava i suoi pazienti vedeva che avevano dei parametri simili, come temperatura, battiti e pressione e quindi ha ipotizzato che noi abbiamo un ambiente interno costante, cioè il nostro organismo mantiene una costanza. Un concetto rivisto anni dopo da un secondo medico, il quale dice che non è una vera costanza, non si può definire un ambiente statico e sempre uguale ma deve essere un ambiente interno dinamico ed introduce il concetto di **OMEOSTASI** (dei range).

Guardando la composizione ionica abbiamo una presenza di potassio e sodio completamente opposte tra dentro e fuori la cellula, mantenere l'omeostasi non significa rendere il rapporto uguale, ma appunto mantenerle diverse per come sono.

Le nostre cellule spendono tantissima energia solo per mantenere l'omeostasi di tutti questi parametri.

Quando l'organismo è in omeostasi possono succedere delle condizioni tali per cui questo meccanismo viene alterato, possono esserci delle condizioni interne o variazioni esterne (agente esterno), quindi si attivano dei meccanismi di compensazione, che se va a buon rimane tutto alterato o ritorna in una situazione favorevole e fisiologica, se non va a buon fine si instaura una condizione di malattia o morte.

L'omeostasi può essere il mantenimento di qualsiasi parametro e tutto questo viene fatto dai nostri organismi (sistema cardiovascolare, sistema respiratorio ecc ecc).

Noi siamo un sistema aperto, scambia energia con l'ambiente esterno, introduciamo alimenti, acqua, quindi rompiamo questo equilibrio ogni giorno, quindi viene usato il principio dell'equilibrio di massa: se esce tot dall'organismo deve essere rimpiazzato dalla stessa quantità.

All'interno del nostro organismo abbiamo un carico corporeo di qualsiasi sostanza, aggiungiamo durante la giornata una quantità che poi verrà eliminata per mantenere lo stesso carico. Quando bevo acqua elimino acqua attraverso le urine, la sudorazione ecc..

Per mantenere uno stato di omeostasi, quindi, il nostro organismo sfrutta un principio che è quello dell'equilibrio di massa.

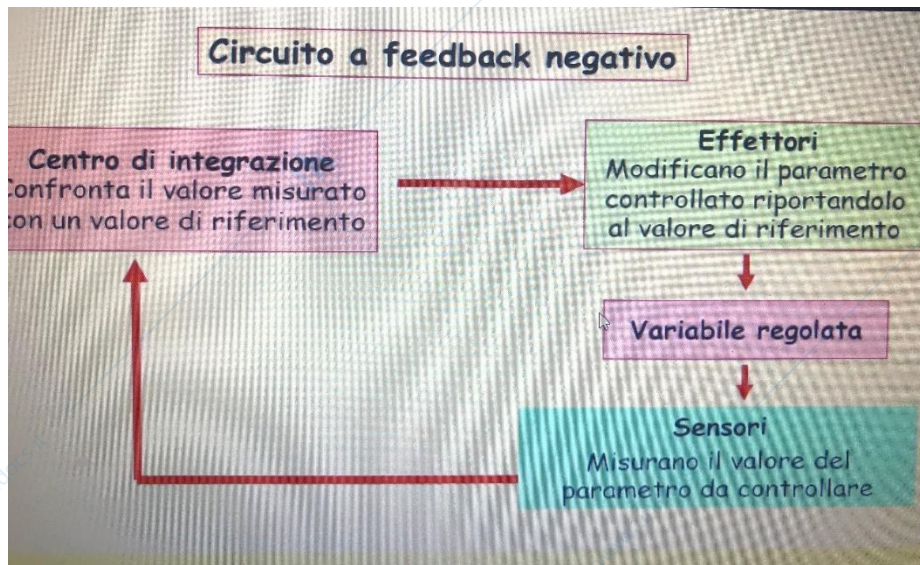
Abbiamo dei meccanismi di controllo che possono essere locale o riflesso.

Il controllo locale è limitato nella zona dove si verifica il cambiamento, quando una parte del nostro corpo manca di ossigeno, le cellule endoteliali si dilatano in quella zona, quindi il messaggio arriva solo in quel punto. (controllo mirato)

Il controllo riflesso il centro è molto lontano dalla zona dove avviene il cambiamento, è una via a lunga distanza che utilizza il sistema nervoso o endocrino o entrambi (ormoni rilasciati nel sangue e viaggiano per raggiungere il target anche molto lontano). La via riflessa è divisa in un circuito di risposta (ho ricevuto il messaggio, ti mando la mia risposta) ed in un circuito a retroazione.

-Circuito a retroazione: facendo riferimento ad un acquario, consideriamo come lo stimolo la temperatura dell'acqua che si raffredda, quindi scende al di sotto del valore di riferimento, il sensore sarà il termometro che rileva, appunto, la riduzione della temperatura, il segnale di ingresso riceve il messaggio da parte del sensore, il centro di integrazione (endocrino o nervoso) è il termostato che è regolato appositamente per mantenere la temperatura entro dei range, quindi sa che deve rispondere a temperature inferiori. Il segnale passa attraverso dei sistemi di comunicazione sino al bersaglio, che nel nostro caso specifico è il termostato, il quale si accende e come risposta avremo un aumento della temperatura dell'acqua ed un ripristino del sistema. Cosa impedisce alla temperatura di non sfiorare i gradi corretti? Il circuito a retroazione: la risposta torna indietro a modulare lo stimolo in ingresso **FEEDBACK NEGATIVO**.

Nel nostro organismo la maggior parte dei sistemi sono a feedback negativo, se si alza un parametro qualcosa lo riporta giù al valore normale.



FEEDBACK NEGATIVO: La variazione di un parametro da controllare attiva una risposta che contrasta la perturbazione iniziale, riportando il parametro controllato al valore originale.

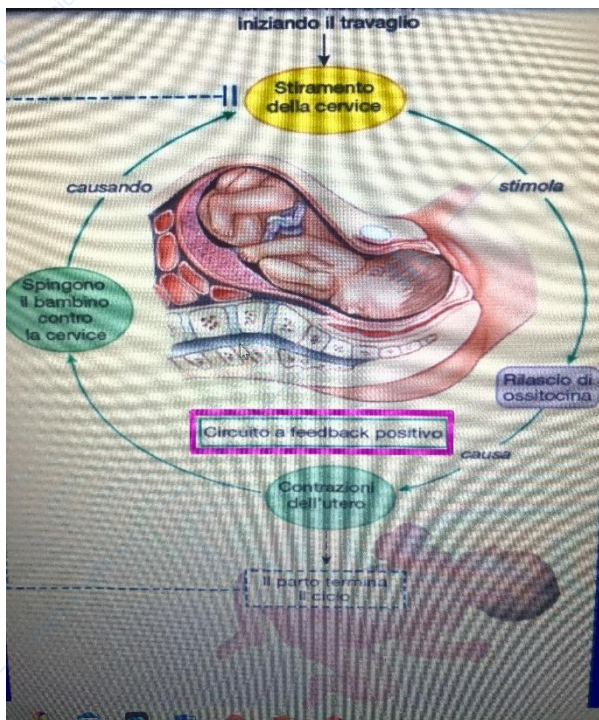
Regolazione a feedback negativo: un sensore rileva il valore attuale della variabile fisiologica (es. temperatura corporea), manda il segnale ad un centro integrativo che compara tale valore con quello di riferimento (set point). In caso di differenza, viene mandato un segnale di errore a effettori che agiscono per portare il valore della variabile al valore di riferimento o entro l'intervallo dei valori di riferimento. È il meccanismo di controllo fisiologico più diffuso nell'organismo.

Le nostre cellule hanno dei recettori che sentono il cambiamento della temperatura, si chiamano termocettori che mandano il segnale attraverso i loro assoni al centro integrativo.

La retroazione: la temperatura bassa viene rilevata, il sistema nervoso centrale manda il segnale e interrompe la sudorazione.

FEEDBACK POSITIVO: la risposta rinforza lo stimolo, se abbiamo una variante questa verrà enfatizzata, questo processo va avanti sino a quando non c'è un fattore esterno che lo blocchi. Non è un processo omeostatico perché allontana il valore da quello di riferimento.

Il parto è un esempio di feedback positivo, perché nel momento in cui il bambino scende e schiaccia il collo dell'utero stimola il rilascio di ossitocina, questo rilascio si ferma solo quando viene completato il parto.



L'aumento del rilascio di ossitocina va avanti sino ad allontanarsi dal suo range.

Regolazione a feed-back positivo: la differenza del valore della variabile rispetto al valore di riferimento innesca un segnale di errore che promuove processi volti ad aumentare ancora di più quella differenza.

Quali sono i sistemi di controllo dell'omeostasi??

Il SNC fa da centro di integrazione e coordina il funzionamento di molti sistemi nel nostro organismo, abbiamo dei centri della sete, della fame, controllo di battito, respirazione, sonno, abbiamo quindi delle aree che controllano attraverso prolungamenti di nervi tutti i nostri organi.

Il controllo omeostatico può essere fatto con un controllo tonico di attività, ovvero è un segnale sempre presente, un esempio è la variazione del diametro dei vasi sanguigni, quando viene rilasciato il segnale il vaso può dilatarsi o restringersi. Il controllo tonico regola i parametri fisiologici in modo bidirezionale: diminuzione della frequenza del segnale il vaso si dilata, ma se la frequenza aumenta il vaso si costringe, ergo lo stesso neurone può causare due cose diverse, se ha poca attività elettrica rilascia poco segnale, quando ne rilascia tanto questo segnale andrà a legarsi tanto.

Possiamo avere un controllo antagonistico: due segnali che fanno il contrario uno rispetto all'altro, il neurone parasimpatico riduce la frequenza cardiaca, quello simpatico l'aumenta. (SNA: branca simpatica e parasimpatica, una stimolazione

simpatica va ad agire sul cuore aumentando la frequenza cardiaca, una stimolazione parasimpatico va a ridurre la frequenza cardiaca.)

Un altro meccanismo sono i segnali chimici come ad esempio l'adrenalina, l'effetto è dato da presenze di recettori diversi. L'adrenalina si lega ai recettori adrenergici che possono essere alfa o beta, intestino (costrizione) o muscoli scheletrici (dilatazione).

Se viene rilasciata adrenalina siamo in situazione di stress, quindi non abbiamo bisogno di tanto sangue all'intestino, ma abbiamo bisogno di scappare, quindi avere un controllo del genere ci permette di ottimizzare le nostre disponibilità.

Funzioni della membrana cellulare:

1. Isolamento fisico. Barriera fisica che separa il liquido intracellulare dal liquido extracellulare

2. Regolazione degli scambi con l'ambiente esterno. Controlla l'entrata di nutrienti e ioni nella cellula e l'eliminazione dei cataboliti.

3. Comunicazione tra la cellula e il suo ambiente. Contiene proteine che le permettono di riconoscere segnali nell'ambiente esterno.

4. Supporto strutturale. Alcune proteine della membrana sono ancorate al citoscheletro (struttura di supporto interna alla cellula).

La membrana cellulare è un doppio strato fosfolipidico, con code idrofobiche e teste idrofile. Questo crea un panetto lipidico con una diversa disposizione di alcune proteine.

Le funzioni della membrana dipendono dalle proteine.

La membrana può essere più o meno permeabile grazie alla presenza di colesterolo.

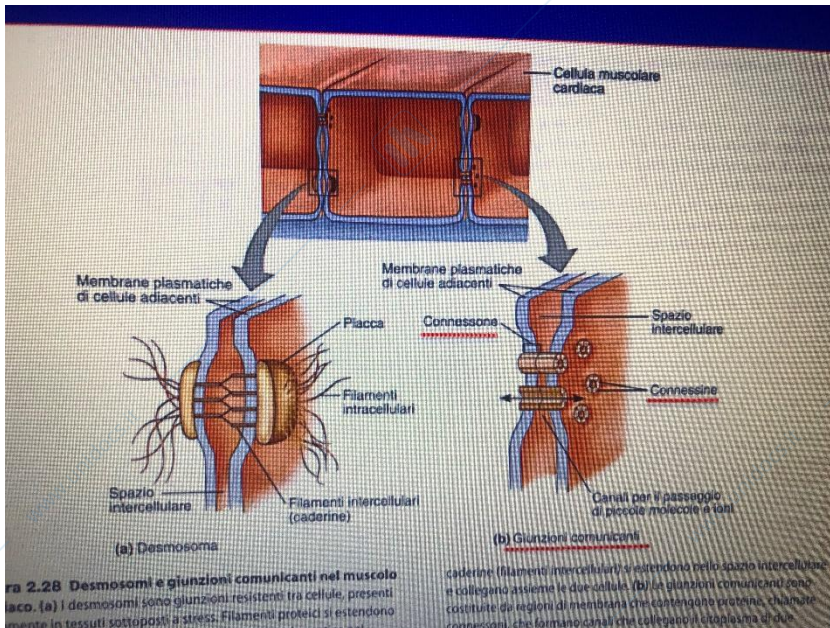
TESSUTI DEL CORPO: come le cellule si uniscono tra loro?

Le cellule possono unirsi tra loro attraverso le giunzioni serrate che sono occludenti, non fanno passare niente, sono proteine integrali di membrana cioè si inseriscono proprio, si chiamano occludine e fanno sì che le membrane di queste cellule qua si uniscono a formare una barriera (tipo quella emato-encefalica).

Le giunzioni comunicanti (gap junction), formano dei veri e propri canali, le proteine sono chiamate connessioni costituite da subunità che si chiamano connesine e sono sei. Due emicanali fanno un canale intero. Passano ioni, ATP.

I desmosomi che sono giunzioni di ancoraggio, fatti da filamenti che escono da una specie di placca filamentosa che si forma a livello della membrana, si legano tra di

loro e mantengono i legami tra le cellule e si trovano nei tessuti che si espandano tanto come la pelle, utero, vescica.



TIPI DI COMUNICAZIONE:

Può essere locale attraverso le giunzioni comunicanti, da segnali chimici, da segnali di contatto.

Comunicazione locale:

1. Giunzioni comunicanti.
2. Segnali dipendenti da contatto.
3. Segnali chimici

Comunicazione a lunga distanza:

1. Combinazione di segnali chimici ed elettrici trasportati dalle cellule nervose e di segnali chimici trasportati nel sangue. I neurormoni rilasciati nel sangue viaggiano, trovano la cellula bersaglio ed agiscono.

MECCANISMI ATTRAVERSAMENTO DI MEMBRANA:

Dal punto di vista anatomico abbiamo la cavità cranica, quella toracica delimitata dal diaframma che la separa dalla cavità addomino-pelvica.

Il cuore è costituito da tante cellule epiteliali che si uniscono ed ognuna di queste cellule ha una propria membrana, ogni membrana ha il doppio strato fosfolipidico.

Il liquido interstiziale ha più potassio e meno sodio, nell'ambiente esterno le concentrazioni sono invertite, quindi si ha più sodio e meno potassio.

Abbiamo quindi la disparità di soluti nei compartimenti diversi, l'unica molecola che è abbastanza libera di muoversi è l'acqua che si sposta per osmosi. L'osmosi è un processo di movimento di acqua che si sposta solo in risposta ad un gradiente di concentrazione di un altro soluto.

La pressione osmotica aumenta all'aumentare della concentrazione dei soluti e dipende dalla concentrazione e non dal tipo di molecola, si esprime con il numero di particelle osmoticamente attive per litro di soluzione, per osmoticamente attive si intende il modo in cui i soluti si dissociano in acqua. Le soluzioni possono essere paragonate tra di loro usando l'osmolarità, ISOSMOTICHE con lo stesso numero di particelle, IPEROSMOTICA rispetto ad un'altra oppure IPOSMOTICA. Abbiamo un altro parametro che si usa per le soluzioni che è la TONICITÀ: descrive come la soluzione influenza la cellula o il volume cellulare, ad esempio se la cellula ha una concentrazione di soluti indiffusibili più elevata dentro, ci sarà un'entrata di acqua maggiore all'interno della cellula, quindi la cellula si rigonfia, se la cellula ha una concentrazione di soluti indiffusibili più bassa, l'acqua esce al di fuori e la cellula si raggrinzisce. Se le concentrazioni indiffusibili sia nella soluzione che nella cellula sono uguali l'acqua non si sposterà quindi avremo una soluzione ISOTONICA rispetto alla cellula.

Tra l'osmolarità e la tonicità ci sono delle sottili differenze, l'osmolarità ha un'unità di misura, la tonicità non ha misura ma è una comparazione, la prima paragona due soluzioni tra di loro mentre la tonicità confronta la soluzione alla cellula e ci dice cosa accade al volume cellulare. La tonicità dipende dai soluti INDIFFUSIBILI e dipende anche dal tipo di soluto.

Una soluzione iposmotica è sempre ipotonica, la soluzione isosmotica può essere ipotonica e isotonica se tutti i soluti sono indiffusibili.

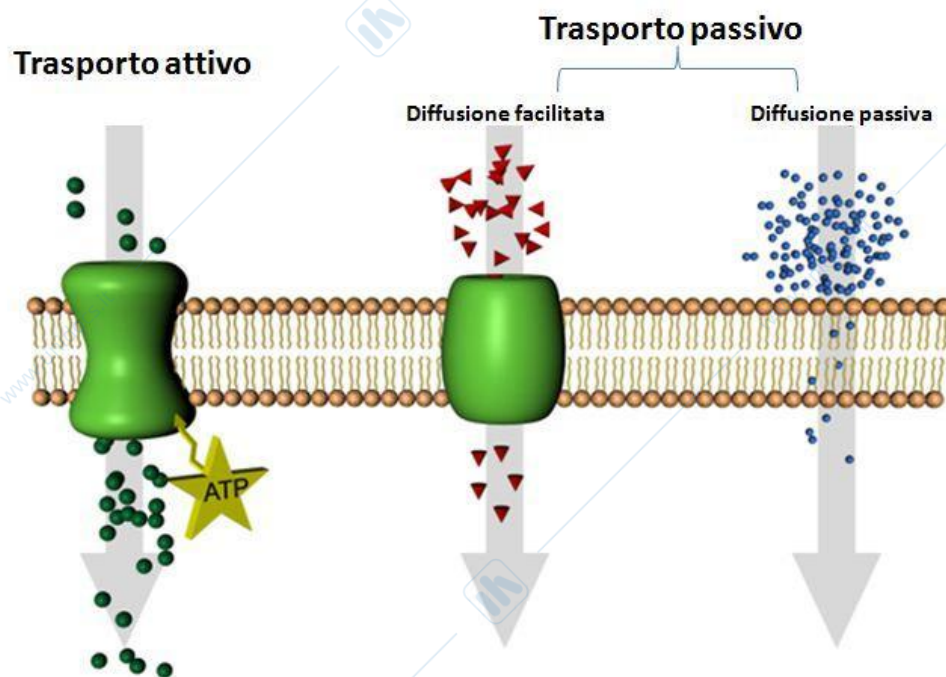
La soluzione iperosmotica può essere ipo-iso-iper tonica.

Correlazione Osmolarità e tonicità			
TONICITÀ	OSMOLARITÀ		
	Ipoosmotica	Isoosmotica	Iperosmotica
Ipotonica	✓	✓	✓
Isotonica		✓	✓
Iperotonica			✓

FIGURA 5.3 La relazione fra osmolarità e tonicità.

Queste nozioni sono di fondamentale importanza nell'ambito delle terapie venose, su un paziente che sta perdendo molto sangue o in altre situazioni di 'pericolo' bisogna capire che tipo di soluzione iniettare, ad esempio idratazione cellulare viene dato il glucosio che entra nelle cellule e viene fosforilato e intrappolato nella cellula che quindi richiama acqua e si idratano di più le cellule.

MOVIMENTO ATTRAVERSO LE MEMBRANE:



Abbiamo due tipi di trasporti attraverso le membrane: passivo e attivo.

- Passivo: senza dispendio energetico (non necessitano di ATP) le uniche forze sono quella chimica e forza elettrica, le molecole si spostano guidate unicamente dalle forze chimiche correlate alla differenza di concentrazione o dalle forze elettriche causate dalle differenze di potenziale.

- Attivo: uno spostamento contro gradiente per cui serve atp, le molecole si spostano da aree con bassa concentrazione verso aree con alte concentrazioni.

Il trasporto passivo può essere classificato in diffusione semplice o trasporto mediato da proteine suddiviso in diffusione facilitata, canali ionici o acquaporine che fanno passare acqua.

Diffusione: movimento passivo di molecole prive di carica che si muovono secondo gradiente di concentrazione, il movimento molecolare è casuale. Quando la concentrazione è uguale ovunque si interrompe il processo di diffusione, è un processo rapido per brevi distanze, può avvenire in un sistema aperto o attraverso una barriera che separa due compartimenti.

La diffusione può essere anche facilitata, cioè coadiuvata da proteine che spostano le molecole secondo concentrazione.

Attivo: mediato da proteine che può essere primario o indiretto/secondario e utilizzano un gradiente di concentrazione che è creato dall'atp, trasporto in vescicole che può essere ESOCITOSI-FAGOCITOSI-ENDOCITOSI.

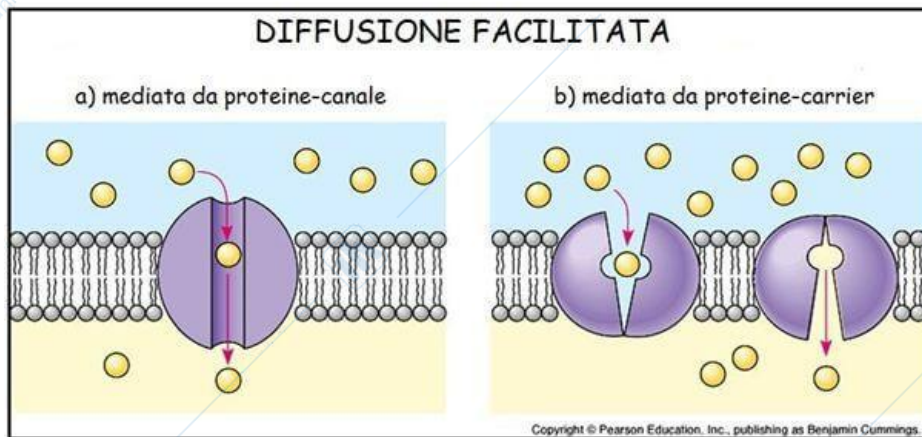
TRASPORTO PASSIVO:

Il trasporto passivo attraverso la membrana può avvenire attraverso tre modalità a seconda delle caratteristiche molecolari della sostanza da trasportare: Diffusione semplice attraverso lo spessore della membrana: la sostanza passa direttamente attraverso il doppio strato fosfolipidico. Diffusione attraverso canali acquosi, costituiti da proteine integrali di membrana che organizzate in subunità attraversano da parte a parte la membrana determinando pori proteici attraverso di essa.

Pertanto, la diffusione è il processo fisico attraverso il quale molecole in soluzione o sospensione dotate di moto casuale termico si disperdono da regioni a concentrazione più elevata a regioni a concentrazione più bassa (seguendo il gradiente di concentrazione non è richiesto, per questo, dispendio energetico).

(Esempio: una zolletta di zucchero o una goccia di colorante che si scioglie in un bicchiere di acqua)

Trasporto facilitato, secondo cui la molecola da trasportare si combina con una proteina carrier che ne facilita il passaggio attraverso la membrana.



La diffusione facilitata o mediata da proteine serve per molecole non lipofile o molto grandi e quindi usano diverse proteine che si trovano sulla membrana che hanno diverse funzioni, possono essere recettori di membrana, enzimi di membrana, proteine strutturali o dei trasportatori di membrane che possono essere carrier o proteine canale. Le proteine canale formano un poro diretto e possono essere sempre-aperti ovvero permettono il passaggio continuo con un diametro ben determinato, oppure dei canali controllati da porte e quindi serve uno stimolo di tipo elettrico, fisico o chimico per l'apertura, le proteine carrier non formano mai un canale diretto ma formano un canale che cambia sempre conformazione, aperto da un lato e si apre e si chiude dall'altro.

Il carrier uniporto- solo un substrato

Sinporto: due substrati nella stessa direzione

Antiporto: due substrati in direzione opposte

DIFFUSIONE FACILITATA:

Il glucosio si sposta per diffusione facilitata con il GLUT che è il suo trasportatore, segue un gradiente di concentrazione, la diffusione raggiungerà l'equilibrio, il glucosio viene trasformato in glucosio 6 fosfato per mantenere il gradiente, quindi mantiene la via sempre attiva.

TRASPORTO ATTIVO:

A seconda di come viene utilizzato l'ATP, il trasporto attivo può essere suddiviso in trasporto attivo primario che utilizza direttamente l'energia che deriva dal legame fosfato dell'ATP e il trasporto attivo secondario che utilizza invece l'energia di un gradiente di concentrazione che è stato precedentemente creato da un trasporto attivo primario.

È ovvio quindi che tutti i trasporti attivi secondari dipendono strettamente dai trasporti attivi primari che utilizzano ATP per mantenere i gradienti di

concentrazioni necessari per il trasporto attivo secondario. I meccanismi delle proteine responsabili del trasporto attivo assomigliano per alcuni aspetti a quelli della diffusione facilitata. I substrati, ioni o molecole, si legano alla proteina carrier, che cambia conformazione rilasciando il substrato nel lato opposto. Esistono però due sostanziali differenze per quanto riguarda le proteine del trasporto attivo primario: 1) il cambio di conformazione avviene grazie all'apporto di energia dell'ATP, mentre nel caso della diffusione facilitata non è richiesta alcuna energia metabolica e 2) l'affinità della proteina carrier per il ligando si modifica nel passaggio da un lato all'altro della membrana. Solo in questo modo possono essere legati e ceduti ioni contro gradiente.

Nel trasporto mediato da trasportatori di membrana c'è il fenomeno della saturazione, ovvero tutti i siti dei carrier sono occupati dal substrato.

La pompa sodio-potassio, o pompa Na^+/K^+ ATPasi, rappresenta il tipico esempio di trasporto attivo ed è, allo stesso tempo, un fondamentale argomento per la comprensione di altri eventi fisiologici tra cui la trasmissione del segnale elettrico.

Per funzionare, la pompa sodio-potassio, richiede l'idrolisi di una molecola di ATP; la reazione di ossidazione avviene a livello di una zona della proteina localizzata nel versante intracellulare. Lo scopo funzionale della pompa sodio potassio è di far uscire il sodio dalla cellula e permettere al potassio di entrarvi. La concentrazione intracellulare del sodio è, grazie anche al lavoro svolto dalla proteina in questione, relativamente bassa al contrario della concentrazione di potassio che si mantiene su livelli più apprezzabili.

Il meccanismo che rende possibile l'allontanamento del sodio e l'acquisizione del potassio è relativamente semplice. La proteina, nel versante interno della cellula, accoglie tre ioni Na^+ in dei siti ad alta affinità. La definizione di "alta affinità" si basa sull'analisi secondo la quale un sito di legame si definisce tale quando è capace di legare con molta facilità il proprio ligando. Qualora il sito fosse a *bassa affinità*, questo, pur essendo specifico per il proprio ligando, porrà in essere delle limitazioni al legame; in altre parole, in un sito a bassa affinità, il ligando si lega con meno facilità rispetto a quanto si verifica in un sito ad alta affinità.

La differente affinità per gli ioni sodio e per gli ioni potassio deriva da un cambio conformazionale che provoca una differenza conformazione sterica degli aminoacidi costituenti la tasca, ovvero il punto nel quale si lega il ligando, oppure da mutazioni a livello elettrochimico che, in genere, sono derivanti dall'esposizione di residui aminoacidici carichi nella tasca della proteina.

Dopo il legame dei tre ioni sodio, la proteina, attiva la funzionalità enzimatica, in altri termini lega a sé una molecola di ATP e ricava, mediante l'idrolisi del nucleotide trifosfato, l'energia necessaria per un cambio conformazionale che porta gli ioni Na^+ all'esterno, ovvero nel liquido extracellulare, rendendo i siti di legame per il sodio a bassa affinità.

Dopo l'espulsione del sodio, i rispettivi siti diventano a bassa affinità, mentre i due siti per il potassio divengono ad alta affinità. Dal liquido extracellulare, di conseguenza, è molto più probabile che entrino due ioni potassio anziché tre ioni sodio a causa della differenza di affinità della pompa per questi ioni.

L'energia utilizzata dall'idrolisi di una molecola di ATP serve, oltre al trasporto dei due ioni, a creare un gradiente elettrochimico tra le due facce della membrana che, come vedremo avanti, servirà per i *trasporti attivi secondari*.

I più comuni sistemi di trasporto attivo secondario sono mediati da proteine transmembrana che sfruttano il gradiente di concentrazione del Na^+ creato dalla Na^+-K^+ ATPasi. In tal caso, l'alta concentrazione extracellulare di Na^+ favorisce il legame dello ione sul lato esterno del trasportatore, che a sua volta è facilitato a legare una molecola o un altro ione e a trasportarli dal lato opposto a quello in cui si trovano, senza ulteriore spesa di energia.

L'ENDOCITOSI è un meccanismo attraverso il quale grandi molecole o particelle entrano nella cellula. L'endocitosi mediata da recettore avviene in regioni specifiche della membrana cellulare note come fossette rivestite da clatrina che sono degli incavi in cui il lato citoplasmatico della membrana ha un'alta concentrazione della proteina clatrina.

Nella prima tappa del processo i substrati extracellulari che devono essere portati all'interno della cellula si legano a specifici recettori di membrana. Il complesso recettore-ligando migra lungo la superficie cellulare fino ad incontrare una fossetta rivestita. A questo punto la membrana si ritira verso l'interno (si invagina) si stacca quindi dalla membrana e diventa una vescicola citoplasmatica. Le molecole di clatrina vengono rilasciate e ritornano sulla membrana, nella vescicola il recettore e il ligando si separano, lasciano il ligando in un endosoma che viene portato a livello di un lisosoma se il ligando deve essere distrutto, oppure a livello dell'apparato del Golgi se il ligando deve essere elaborato. Nel frattempo i recettori possono essere riutilizzati e riportati sulla membrana mediante un meccanismo noto come esocitosi. È un trasporto che la cellula utilizza per portare una molecola da un lato all'altro.

Il trasporto attraverso gli epitelii può essere paracellulare quindi un movimento tra giunzioni tra cellule adiacenti oppure può essere transcellulare quindi attraverso la cellula epiteliale stessa, un esempio è il riassorbimento di glucosio nel rene è un esempio di transcellulare ed utilizza quasi tutti i tipi di trasporti (secondario, un sinporto). Trasporto vescicolare: utilizza vescicole, la fagocitosi viene fatta per lo più da cellule del sistema immunitario ed è un processo in cui il citoscheletro della cellula avvolge il batterio e lo ingloba al suo interno, il fagosoma si fonde al lisosoma che distrugge e poi vengono eliminati.

Transcitosi= combinazione di endocitosi, trasporto vescicolare attraverso la cellula. Utilizza tutti i meccanismi di trasporto vescicolare. Le caveole vengono riempite di molecole, si avverte il segnale dalla cellula ed inizia il processo di endocitosi.

Endocytosis

