


تاریخ جلسه: 96/11/29	نام درس: فیزیولوژی	
شماره جلسه: 1	تهیه کنندگان: کیانا کاظمیه - نادیا صادقی	نام استاد: دکتر مظلومی

### فیزیولوژی = فیزیو + لوژی

فیزیولوژی: یک سیستم زنده در حالت طبیعی چگونه کار میکند ( چگونگی کارکرد سیستم )

پاتولوژی: اگر سیستم را در حالت بیماری بررسی کنیم پاتولوژی است

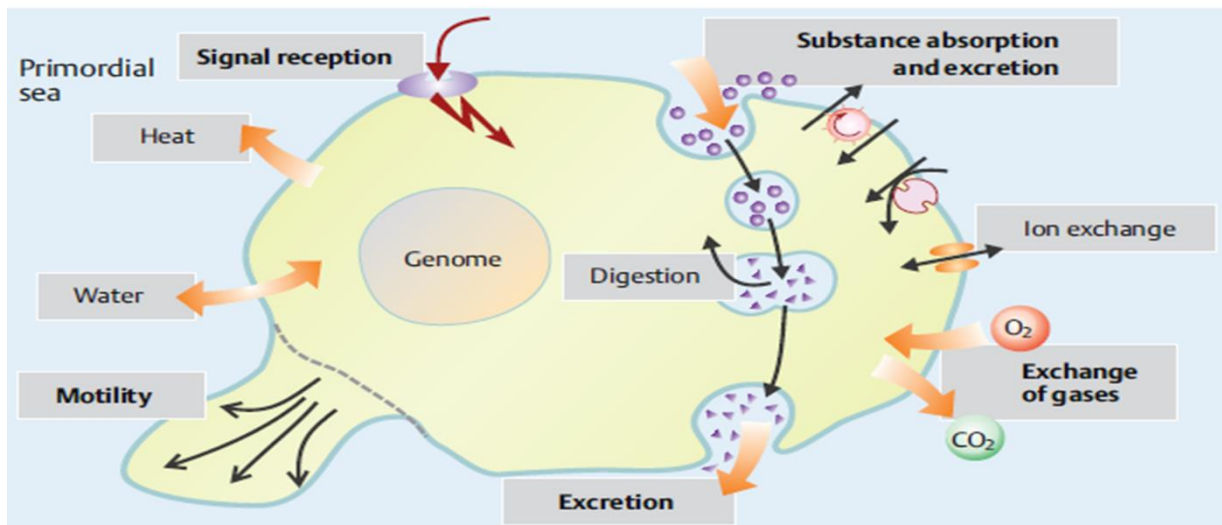
فیزیولوژی = علم وظایف اعضا = عملکرد = مکانیسم = ساز و کار

شاخص های فیزیولوژی = اعداد و ارقام و محاسباتی که انجام میشود بر پایه شاخص های فیزیولوژیک است

انسان فیزیولوژیک 32 دندان - حدود 35-40 سال سن - قد 165-170 سانتی متر - وزن 65-70 کیلوگرم - جنس مذکر (چون خانمها بدلیل سیکلهای هورمونی تغییرات هورمونی روی کارکرد بدن اثر میگذارد . مگر اینکه ما بخواهیم به صورت هدفمند بر روی حالت هایی که بیشتر در خانمها دیده میشود بررسی کنیم مثل سرطان سینه و...) - سفید پوست (بدلیل اکثریت جامعه جهانی ) - این ویژگی های متوسط جهانی اند

اتم - مولکول - ماکرومولکول - اندامک - ارگانل - سلول - بافت - اندام - ارگان - دستگاه - ارگانیسم فرد کامل

هرکاری که سیستم ها در موجود پرسلولی جداگانه انجام میدهند تک سلولی هم آنها را انجام میدهد : خوردن-خوابیدن-دفع مواد زاید- ارتباط با محیط -...



در یک انسان فیزیولوژیک ده به توان چهارده سلول در یک لحظه وجود دارد البته جنه بزرگتر - وزن بیشتر - سلولهای بیشتر

هرچه از اتم به سیستم کامل نزدیکتر می‌شویم چون ارتباطات بیشتر می‌شود پیچیدگی هم افزایش می‌یابد

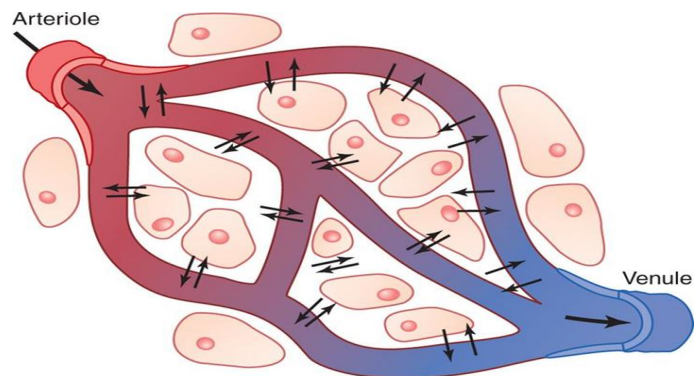
سیستم های بدن : گوارش و تنفس و گردش خون و ادراری-تناسلی و غدد و اسکلتی- عضلانی و عصبی و خون-ایمنی

یکپارچه کننده که همه سیستم ها را با هم هماهنگ بکند : 1. سیستم عصبی (هماهنگ کننده سریع در کمتر از ثانیه)

2. سیستم هورمونی (اثر طولانی مدت و قویتر)

ارتباط سلولها با هم و با محتوای خونی :

سلولها با خون ارتباط تنگاتنگی دارند ولی مستقیماً با خون در ارتباط نیستند و یک فضای واسطی بین سلولها و محتویات خونی است که به آن فضای بینابینی گویند که مملو از مایعی است که شبیه پلاسما است و مایع بینابینی نام دارد . تفاوت آنها در این است که در مایع بینابینی بر خلاف پلاسما سلولهای خونی وجود ندارد و ساختارهای پروتئینی آلبومین در خون زیاد است و در فضای بینابینی کم است و یا وجود ندارد ← مایع بینابینی از نظر محتوای آبی و الکترولیت شبیه پلاسما است



Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

مایعات خارج سلولی: پلاسما و مایع بینابینی = محیط داخلی: زیرا سلولها در داخل آن زندگی میکنند و اگر ترکیبات آنها بهم بخورد سلولهای ما میمیرند و باعث بیماری و در نهایت مرگ میتواند بشود

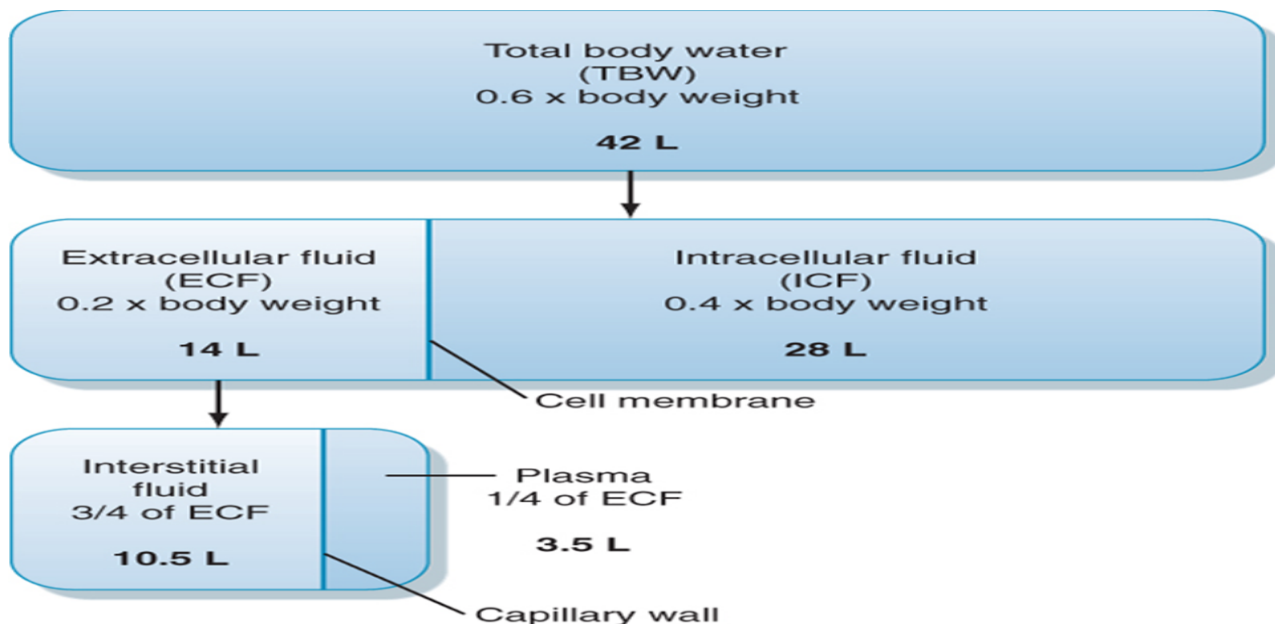
محیط داخلی اکثراً شامل :  $O_2, CO_2, Na, K, Ca$  و بیکربنات و گلوکز و اسید و باز ( $ph=7/4$ ) و دما (setpoint بدن از لحاظ دمایی 37 درجه است)

	Normal Value	Normal Range	Approximate Short-Term Nonlethal Limit	Unit
Oxygen (venous)	40	35-45	10-1000	mm Hg
Carbon dioxide (venous)	45	35-45	5-80	mm Hg
Sodium ion	142	138-146	115-175	mmol/L
Potassium ion	4.2	3.8-5.0	1.5-9.0	mmol/L
Calcium ion	1.2	1.0-1.4	0.5-2.0	mmol/L
Chloride ion	106	103-112	70-130	mmol/L
Bicarbonate ion	24	24-32	8-45	mmol/L
Glucose	90	75-95	20-1500	mg/dl
Body temperature	98.4 (37.0)	98-98.8 (37.0)	65-110 (18.3-43.3)	°F (°C)
Acid-base	7.4	7.3-7.5	6.9-8.0	pH

میزان آب بدن فرد فیزیولوژیک 60% وزن بدنش را آب تشکیل داده ( در خانمها چون درصد چربی بدنشان کمتره ولی این تفاوت خیلی چشمگیر نیست)

محتوای آب بدن در 2 فضا میتواند قرار بگیرد : 1. مایع داخل سلولی intracellular fluid : 2/3 آب بدن در این است  
 2. مایع خارج سلولی extracellular fluid : 1/3 آب بدن در این است

مایع خارج سلولی همان محیط داخلی است : 1. محتوای پلاسمایی : 3/5lit 2. مایع بینابینی : 10.5 lit

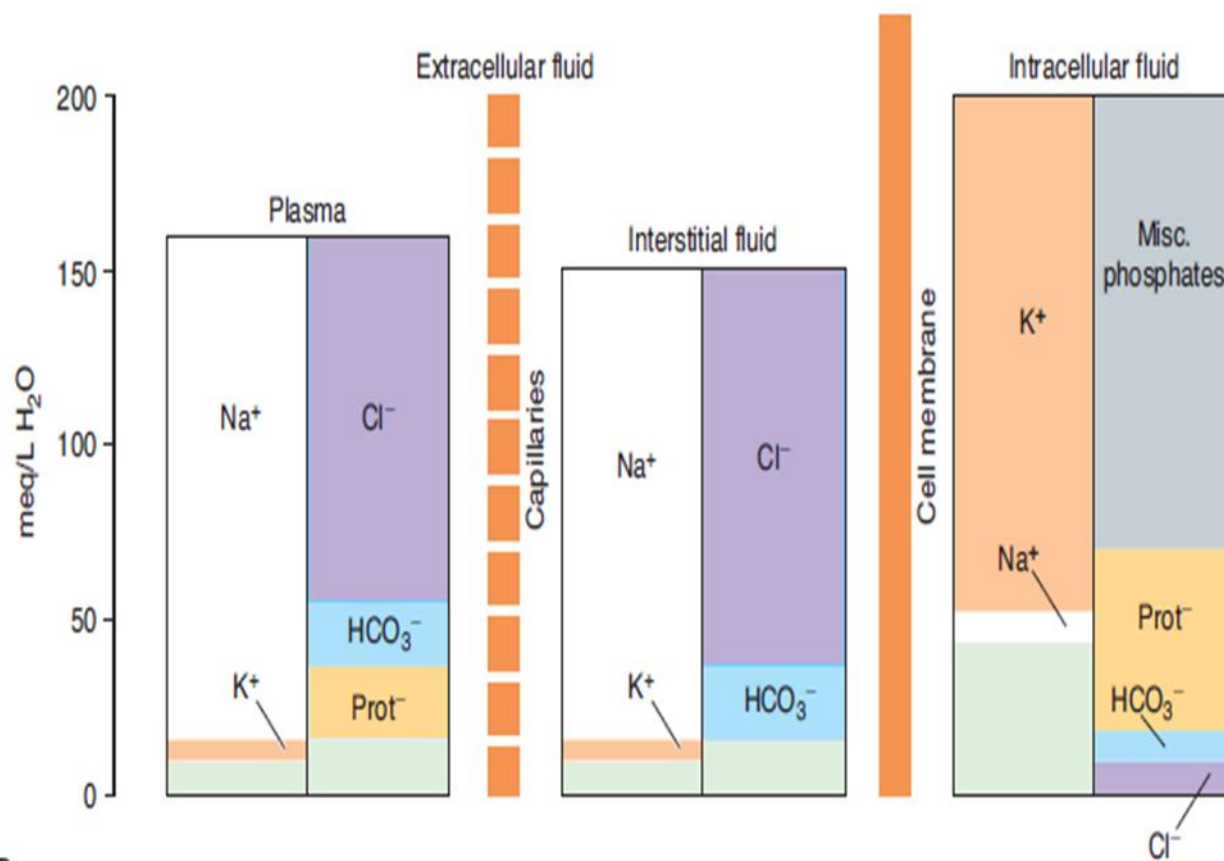


در انسان فیزیولوژیک 5lit خون داریم که 3.5lit آن پلاسما و 1.5 lit محتوای سلولی است

یونها= یونهای مختلف با نسبتهای مختلف در خارج و داخل سلول بدلیل وجود غشا قرار دارند

یونهای مهم =  $Na, K, Cl, P, Ca$  , و بیکربنات

ساختارهای پروتئینی در خارج سلولی در خون بیشتر از مایع بین سلولی است

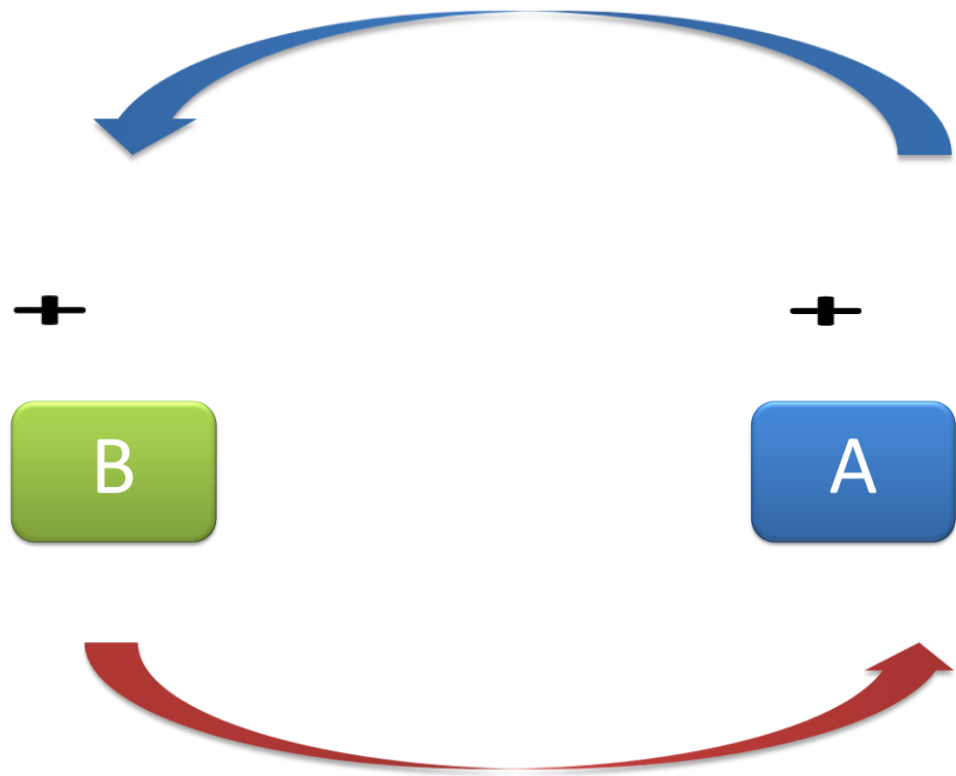


B

محیط داخلی باید شرایط پایدار داشته باشد : برای حفظ شرایط پایدار در محیط داخلی = هموستازی : در تک سلولی هموستازی برای محیط اطرافش

Feedback منفی = اکثر کنترلهای عمده بدن از این نوع اند

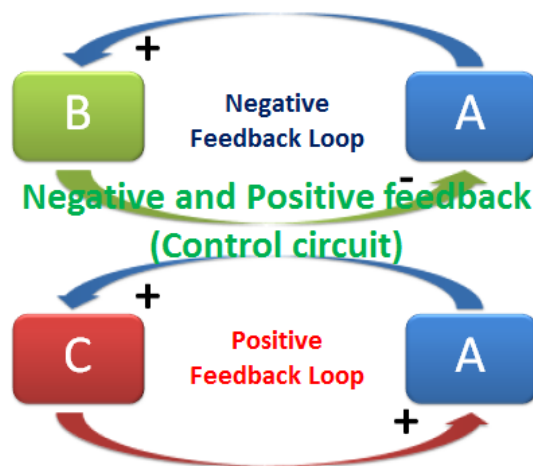
تنظیم فشارخون از نوع feedback منفی است. تحریک گیرنده های فشاری با افزایش فشار ← پیام به مغز ← مغز به قلب و عروق پیام میدهد که آرامش داشته باشند ← ضربان قلب کم میشود و قدرت انقباضی کم میشود ← فشار خون کم میشود



فیدبک (+) positive feedback :

عامل اول عامل دوم را تقویت میکند. (A باعث تقویت C میشود و در عین حال با افزایش عامل C عامل A هم مجدداً تقویت میشود.) یک مداری ایجاد میشود که یکدیگر را به شدت تقویت میکنند.

قطعاً اگر این سیستم خیلی شدید باشد و ادامه پیدا کند محکوم به فناست؛ به دلایل: کمبود مواد اولیه- کمبود فضا- کمبود شرایط- محدود بودن وضعیت => این سیستم نمیتواند تا ابد ادامه پیدا کند و محدود میشود. زمانی به کار می آید که در دل فیدبک (-) بزرگتر قرار بگیرد؛ مثلاً:



این سیستم باعث میشود عامل A به صورت انفجاری و به شدت بالا برود و بتواند روی عامل B سریعتر و بهتر اثر بگذارد ولی اگر تنها باشد معمولاً عواملی که باعث میشود جام شخص به خطر بیفتد یا مشکلی برای شخص پیش بیاید فیدبک مثبت هایی هستند که مرتب در حال تقویت شدن اند و در نهایت ممکن است تهدید بزرگی برای جان شخص در نظر گرفته بشن.

مثال هایی که فیدبک (+) به درد میخوره! ( در دل فیدبک (-) بزرگتر است):

۱- انقباضات زایمان: در زمانی که زایمان میخواید اتفاق بیفتد، انقباضات زایمانی معمولاً با روند های فیدبک (+) ایجاد میشوند. یعنی زمانی که حجم جنین زیاد میشود، وقتی يك حرکت كوچك در رحم میکند، فشار به دیواره ی رحم می آورد و دیواره ی رحم کشیده میشود، این کشیدگی انقباض قدرتمندی را ایجاد میکند و مرتب خودش را تقویت میکند. عاملی که باعث میشود در نهایت جنین خارج بشود همین انقباضات قدرتمند زایمانی ست که باعث میشود جنین از کانال رحمی خارج شود و نوزاد متولد شود.

اما اگر فیدبک (+) به تنهایی باشد و مرتب بخواید انقباضات را برای ما به رقم بزند کارآمد نیست و باید در دل يك عامل قوي تر باشد.

عامل فیدبک (+) چیست؟ رحم در واقع نمیخواهد بچه به دنیا بیاید، هدف اصلی ایت است که رحم سبک تر بشود. فیدبک (-) بزرگتر در حقیقت مدار هایی است که باعث سبک شدن رحم میشود و نه اینکه بچه به دنیا بیاید. ( هدف بچه نیست؛ هدف خالی شدن و سبک شدن رحم است.) که در نهایت بعد از خارج شدت بچه همچنان انقباضات تا مدتی ادامه می یابد تا رحم در نهایت به حالت قبلی خود بازگردد و به اندازه اولیه قبل از بارداری برگردد.

۲- در روند انعقاد خون: ما یک قابلیت جالب در روند انعقادی داریم که اگر یک ناحیه از رگ آسیب ببیند و سلول ها صدمه دیده باشند، فاکتور های انعقادی به طور سریع و ناگهانی فعال میشوند و هر عاملی که در کنارشون هست همچنان اکتیو و فعال میکنند یعنی شاهد یک روند ادامه دار هستیم تا جایی که صدمه ایجاد شده ترمیم و خون ریزی قطع شود. هدف همین است اما مسلماً باید در یک جایی کنترل و جلوی گرفته شود در غیر این صورت با یک برش کوچک تمام خون بدن ما منعقد خواهد شد که البته این اتفاق هیچ زمان نخواهد افتاد چون فیدبک مثبت در نهایت کنترل میشود.

فیدبک منفی بزرگتر این است که ناحیه ای که دچار انعقاد شده یک مقدار در اطرافش روند هایی ایجاد میشود که با ضد انعقاد همراه است، یعنی سعی میکند روند های انعقادی در آن ناحیه بیش از حد گسترش پیدا نکنند.

این مهم که در دل یک فیدبک منفی بزرگتر، فیدبک مثبت کارایی مثبت خود را اعمال کرده و باعث بند آمدن خون ریزی میشود بسیار حائز اهمیت میباشد.

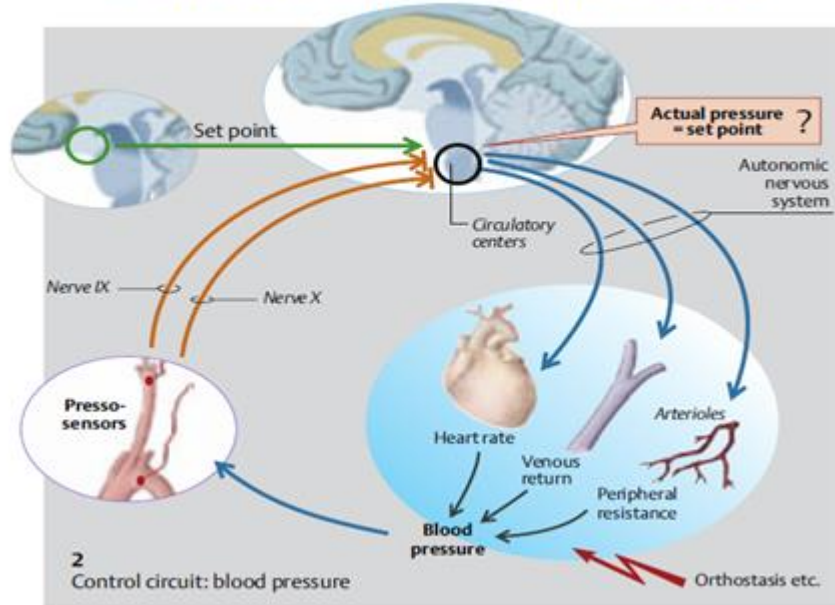
۳- پتانسیل عمل: کلا غلظت یون سدیم در خارج سلول بیشتر است و غلظت یون پتاسیم در داخل سلول بیشتر است. زمانی که سلول عصبی تحریک شود، نفوذ سدیم به داخل سلول خود باعث نفوذ بیشتر یون های سدیم شده و این یک روند فیدبک مثبت است.

این سیستم خود در دل یک مدار بزرگتر است که در نهایت در ضمن ورود سدیم موجب خارج شدن یون های پتاسیم بیشتر و باز گرداندن پتانسیل غشایی به حالت نرمال میشود.

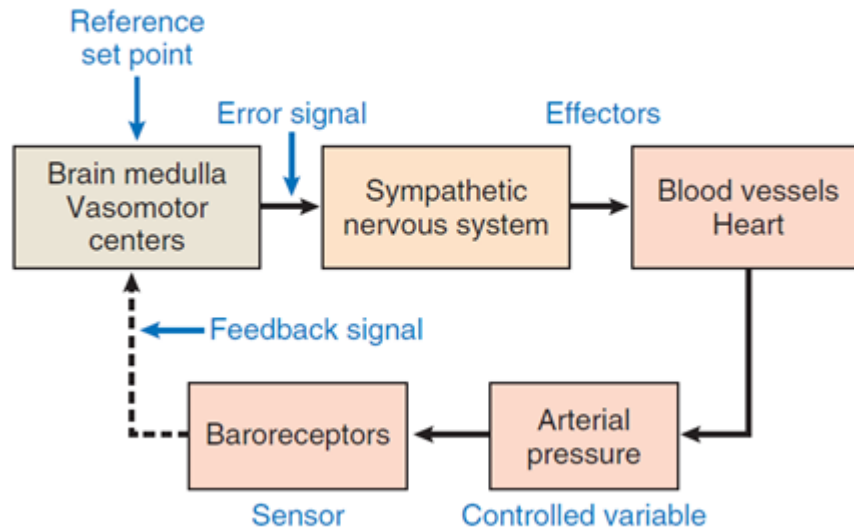
در سه جایگاه فیدبک مثبت بسیار کارآمد میباشد.

زمانیکه فشار خون بالا می‌رود، گیرنده‌ها ی فشار سیگنال‌ها را دریافت کرده و به مغز می‌رساند که متقابلاً مغز دستور داده تا عروق و وضعیت شریانی آرام شده و فشار خون دوباره به حالت نرمال برگردد. و این هم نمونه ای از یک فیدبک منفی ست.

## Control circuit: blood pressure



## Negative feedback control of arterial pressure by the arterial baroreceptors.



مثلا تحریکات مورد نظر از ناحیه ای که در مغز وجود دارد تحریکات عصبی را میفرستد، فشار خون کنترل میشود. فشار بالا میرود و اگر لازم باشد فشار بیشتر از حد روی گیرنده های فشاری مرکز بالایی را مهار میکند و این روند مرتب تکرار میشود.

در معده نیز آنزیم های پپسینوژن که به پپسین تبدیل میشوند، فیدبک مثبت هستند.

فیدبک منفی آن در مدار بزرگتر این است که پپسین مورد نظر توسط یک سری از سیستم های عصبی کنترل شده و جلوی آن گرفته میشود.

### غشاء:

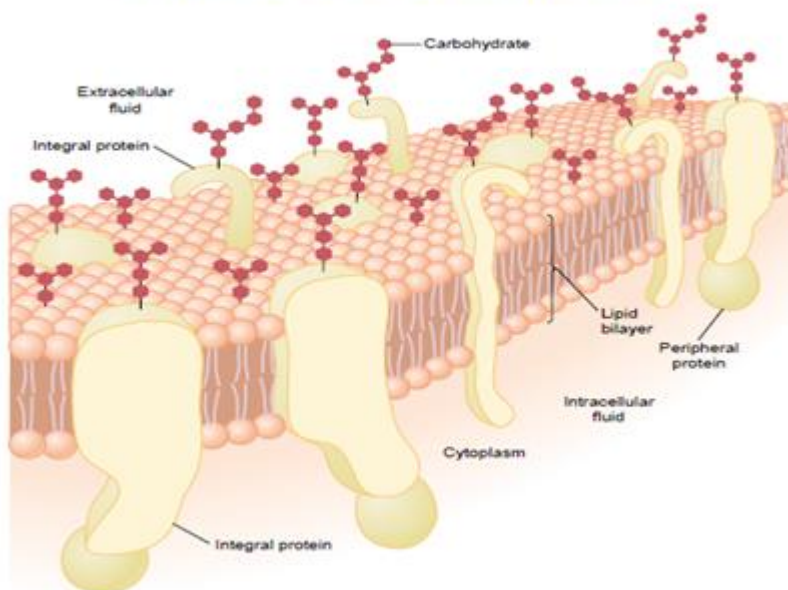
جنس اصلی غشاء فسفولیپید (چربی) است که در لا به لای ساختار دولایه ی فسفولیپیدی پروتئین هایی آرایش پیدا کرده اند. بعضی از پروتئین ها کاملا از عرض غشا گذشته اند که پروتئین های سراسری یا اینتگرال نامیده میشوند، بعضی ها هم هستند که ناحیه ای هستند یعنی در یک قسمت خاص وجود دارند که پروتئین های محیطی نامیده میشوند.

به طور کلی در این بین آن هایی که حالت سراسری دارند میتوانند به عنوان ناقل و کانال استفاده شوند ولی آن هایی که موضعی هستند معمولا نمیتوانند ناقل یا کانال باشند. ممکن است نقش آنزیمی یا ساختاری داشته باشند.

در عین حال بر روی ناحیه ی خارجی غشاء یک پوشش قندی وجود دارد که کربوهیدراتی است و به آن گلیکوکالیکس گفته میشود که در اصل کار های مختلفی انجام میدهد. مثلا یک نشانه ای است برای شناسایی سلول های موجود زنده که به مسائل ایمنی مربوط میشود. همچنین ساختاریست برای شناسایی محتوا های شیمیایی که قرار است در داخل سلول تاثیر بگذارند. یا به عنوان مثال اثرات مختلف و متفاوتی که میتوانند از لحاظ ارتباطی بین سلول ها ایجاد کنند مثلا باعث اتصال دو سلول به یکدیگر شوند.

این ساختار فسفولیپیدی سدی قوی ایجاد میکند که باعث اختلاف غلظت بین محیط درون و بیرون غشا میشود.

### Structure of the cell membrane

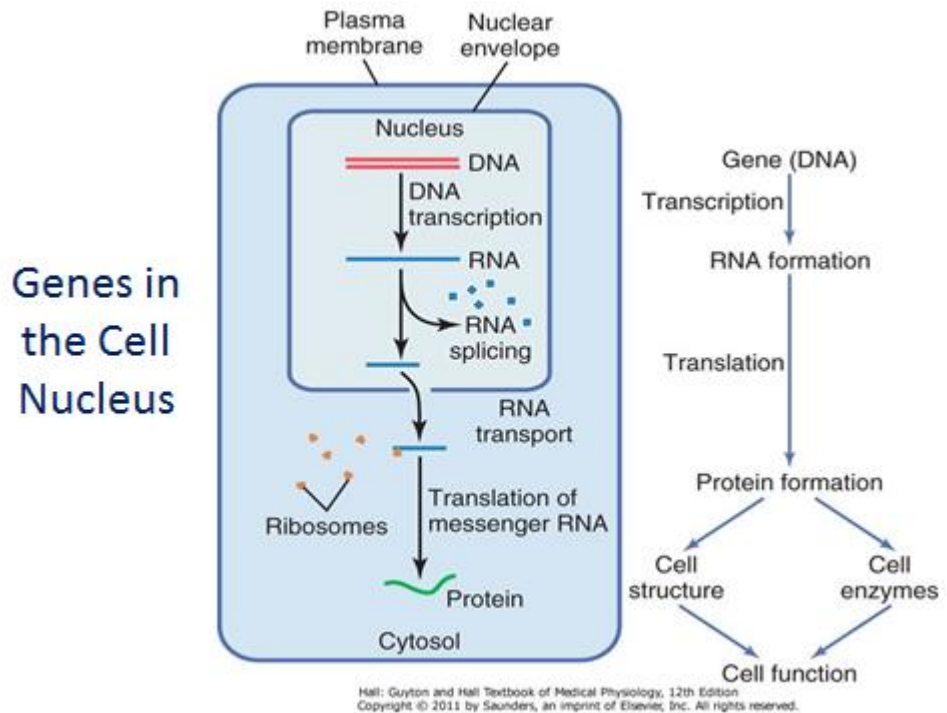




## اصل اساسی بیولوژی مولکولی:

پایه اساسی تفاوت ما با موجودات مختلفی که در دنیا میبینیم به خاطر پروتئین های متفاوتی است که داریم ولی ساختار DNA یک انسان با یک گیاه مثل درخت نخل ۵۰٪ شباهت دارد، با پستانداران بالای ۹۰٪ شباهت دارد با موجوداتی مثل شامپانزه بیش از ۹۹٪ شباهت دارد! یعنی شباهت DNA ها فوق العاده بالاست چیزی که باعث ما انسان و آن ها موجودات دیگری شوند بیان متفاوتی از پروتئین هاست. ساختار ژنی ما نسخه برداری میشود و RNA از روی آن ساخته میشود. RNA ساخته شده میتواند از هسته خارج شده و ترجمه شود و پروتئین ها را ایجاد کند و پروتئین های ساخته شده بر حسب ساختاری که در سلول ایجاد میکنند یا اثرات آنزیمی میتوانند عملکرد سلول را بسیار تحت تاثیر قرار دهند. این موضوع به نوعی پایه ی مهندسی ژنتیک نیز هست.

DNA → RNA → protein



اهمیت غشا: غشا یک جدا کننده ی بسیار مهم و موثر به حساب می آید در عین حال غشا سد نفوذ ناپذیر مطلق نیست، بلکه تفاوتی را در غلظت های داخل و خارج سلول ایجاد میکند. مانند: غلظت یون های: سدیم خارج سلول بیشتر، پتاسیم داخل سلول بیشتر، کلسیم خارج سلول بیشتر، منیزیم داخل سلول بیشتر، کلر خارج سلول بیشتر، بیکربنات خارج سلول، فسفات داخل، گلوکز خارج ( زیرا در داخل سلول تا وارد میشود، مصرف میشود. ) ، اسید آمینه داخل سلول بیشتر ( زیرا منبع پروتئین و اسید آمینه داخل سلول است. ) ، چربی داخل سلول بیشتر ( چون غشا زیاد داریم داخل سلول )، اکسیژن خارج سلول بیشتر ( چون در داخل سلول مرتباً مصرف میشود. ) و همچنین PH داخل سلول از خارج کمی کمتر است به دلیل متابولیسم داخل سلولی که باعث افزایش تون هیدروژن میشود.

در عین حال این مواد به طور مرتب امکان مبادله با خارج سلول را دارند. هر سلول در هر ثانیه چندین برابر حجم خودش مبادله انجام میدهد. البته کنترل شده است!

نقل و انتقال از عرض غشا:

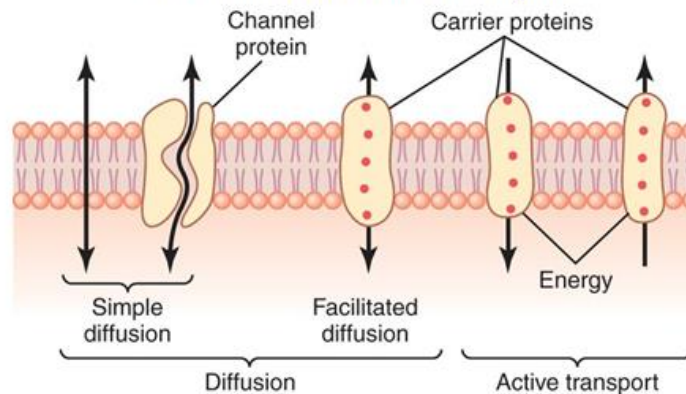
EXTRACELLULAR FLUID		INTRACELLULAR FLUID	
Na <sup>+</sup>	142 mEq/L	10 mEq/L	
K <sup>+</sup>	4 mEq/L	140 mEq/L	
Ca <sup>++</sup>	2.4 mEq/L	0.0001 mEq/L	
Mg <sup>++</sup>	1.2 mEq/L	58 mEq/L	
Cl <sup>-</sup>	103 mEq/L	4 mEq/L	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	28 mEq/L	10 mEq/L	
Phosphates	4 mEq/L	75 mEq/L	
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1 mEq/L	2 mEq/L	
Glucose	90 mg/dl	0 to 20 mg/dl	
Amino acids	30 mg/dl	200 mg/dl ?	
Cholesterol } 0.5 g/dl		2 to 95 g/dl	
Phospholipids }			
Neutral fat }			
PO <sub>2</sub>	35 mm Hg	20 mm Hg ?	
PCO <sub>2</sub>	46 mm Hg	50 mm Hg ?	
pH	7.4	7.0	
Proteins	2 g/dl (5 mEq/L)	16 g/dl (40 mEq/L)	

Chemical compositions of extracellular and intracellular fluids.

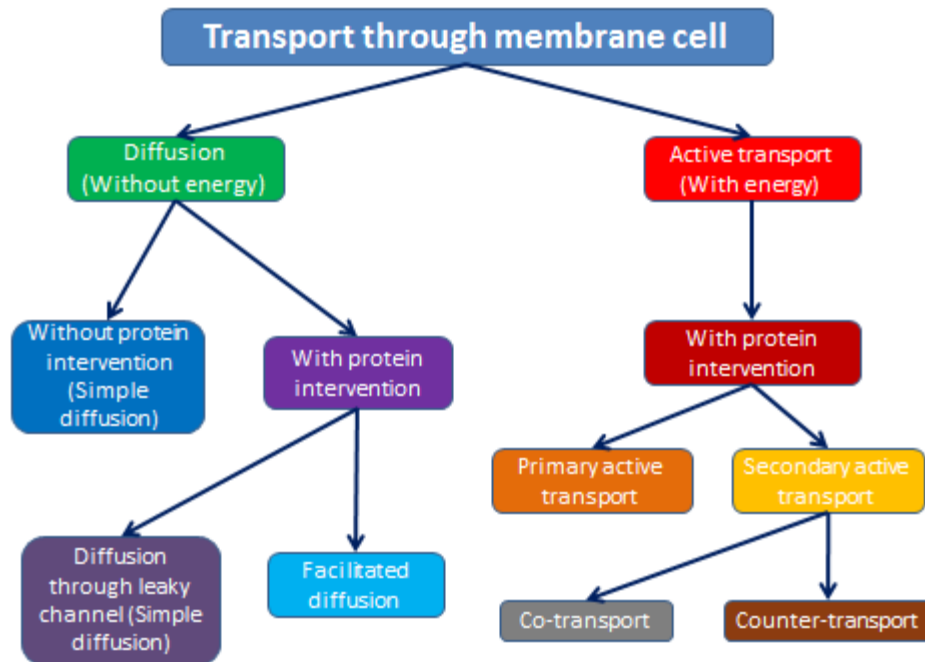
Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

جابه جایی در عرض غشا به دو صورت انجام میشود: ۱- بدون مصرف انرژی انتشار ( Diffusione) -۲ با مصرف انرژی انتقال فعال (Active transport)

Transport pathways through the cell membrane, and the basic mechanisms of transport.



Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

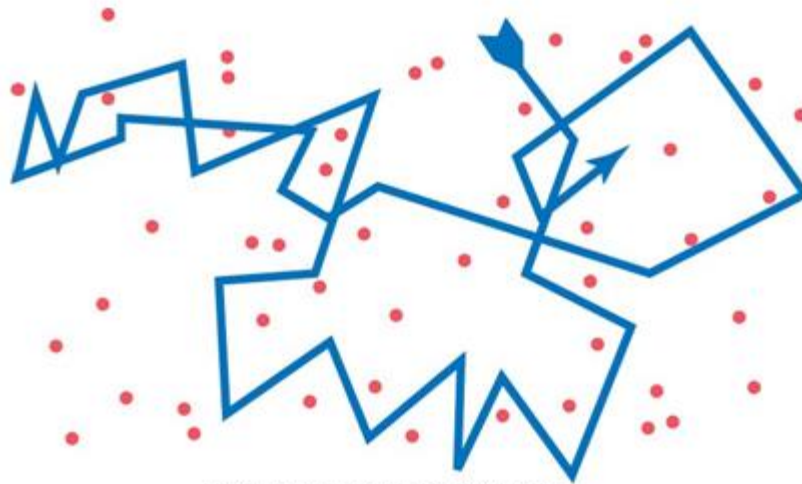


انتشار: Random (تصادفی) - Thermal (دمایی) - Motion (حرکت) این سه کلمه کلمات کلیدی تعریف انتشار اند.

یک پدیده ی فیزیکی ست. حرکتی تصادفی که بر پایه ی انرژی ذاتی ماده انجام میپذیرد که البته برآیند کلی از جایی ست که تراکم بیشتره به جایی که تراکم کمتره... ولی اگر یک مولکول تکی را در نظر بگیریم، حرکت تصادفی ست (حرکت براونی) و ما نمیتوانیم پیش بینی کنیم که یک ثانیه ی بعد مولکول کجاست! :))))

انرژی ذاتی ماده یعنی: دمایی که وجود دارد فوق العاده روی بحث انرژی درونی ماده ما اثر میگذارد. هر چه دما بیشتر، جنبش مولکول بیشتر در نتیجه انتشار قوی تر. اگر دما صفر درجه کلویت شود جنبش کم میشود اما اگر صفر درجه ی کلویین شود (درجه ۲۷۳-) حرکت و انتشار به صفر میرسد.

## Diffusion of a fluid molecule during a thousandth of a second



Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition.  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

انتشار دو حالت دارد:

۱- با واسطه ی پروتئینی:

۱-الف) دخالت پروتئین به این حالت است که معمولاً به آن انتشار تسهیل شده میگویند. پروتئین واسطه گاهی بدون مصرف انرژی شیفیت پیدا میکند و یک جایگاه اختصاصی دارد که به صورت کاملاً رندوم و تصادفی و با توجه به نوسانات محیط به سمت داخل یا خارج است و همچنین مصرف انرژی به صورت مستقیم ندارد.

۱-ب) کانال های نشتی یا leaky channel: با واسطه ی کانال های همیشه باز مانند جویی که همیشه باز است یکسری مواد خاص را به صورت دایم به جریان در می آورد که به آن ها کانال های نشتی میگویند. مثل کانال های نشتی سون های پتاسیم در غشا که تعدادشان هم زیاد است. همه آن ها اختصاصی اند. در بعضی سلول ها بیشتر و در بعضی کمتر است، میتوانند یکطرفه یا دو طرفه باشند ( بر حسب غلظت جا به جا میکنند). چون در این گونه پروتئین ها فقط یک مجرا ایجاد شده در بعضی مرجع ها جز انتشار ساده محسوب شده اند.

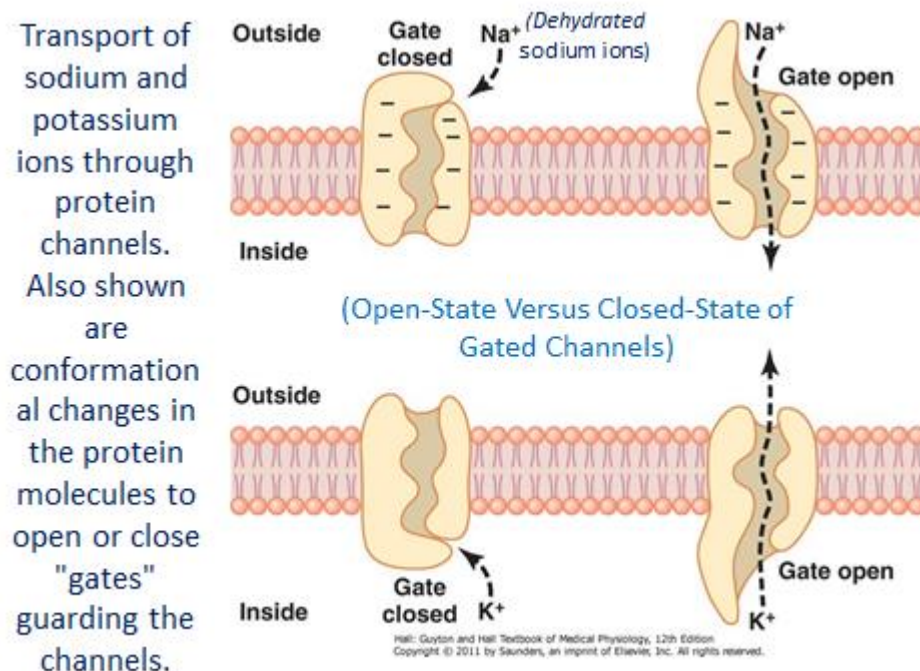
۲- بدون واسطه ی پروتئینی (انتشاذ ساده یا Simple diffusion):

با توجه به اینکه جنس غشا از چربی ست اگر ماده ای بخواهد از غشا عبور کند، بدون اینکه از ناقلی کمک گیرد، یا باید بسیار ریز باشد و یا محلول در چربی باشد. ( آب، اکسیژن، دی اکسیدکربن و...)

انتقال فعال که با مصرف انرژی همراه است، همیشه یک پروتئین مداخله گر در درون آن هست بدون پروتئین این جا به جایی نمیتواند صورت گیرد. خود این نوع پروتئین ها دو حالت دارند:

۱- یا خود به طور مستقیم مصرف انرژی دارند و مثل پمپ انرژی مصرف میکنند و مواد را جا به جا میکنند که انتقال فعال اولیه نامیده میشود. Primary active transport

در بدن ATP به وسیله ی این پمپ ها مصرف میشود. ( مواد بر خلاف شیب غلظت جا به جا میشوند.) پمپ سدیم با مصرف انرژی یون سدیم را از داخل به خارج می فرستد.



۲- خود ناقل نمیتواند ATP را به صورت مستقیم استفاده کند، این نوع از انتقال که به طور مستقیم به ATP وابستگی ندارد ولی غیر مستقیم باید از یک انرژی استفاده کند که قبلا ذخیره شده، **انتقال فعال ثانویه** نام دارد. **Secondary active transport**

این نوع از انتقال معمولاً تنها صورت نمیگیرد، معمولاً عامل انرژی که میتواند در این زمینه استفاده شود، اختلاف غلظت سدیم است. یعنی سلول در زمان لزوم از اختلاف شیب غلظت سدیم استفاده میکند و یا ماده ای رو همراستا با سدیم وارد سلول میکند که به آن انتقال فعال ثانویه هم جهت میگویند. مثل انتقال همراستای گلوکز و سدیم

و یا در نوع دیگری از آن ماده دیگر در خلاف جهت حرکت سدیم از سلول خارج میشود که به آن انتقال فعال ثانویه ی دگر جهت میگویند. مانند انتقال سدیم و کلسیم یا سدیم و هیدروژن.

ویژگی ناقل ها:

- 1- اختصاصی عمل میکنند.
- 2- هیچکدام از ناقل ها دایم باز یا دایم بسته نیستند. بلکه بسته به شرایط باز یا بسته میشوند. معمولاً روندی که باز و بسته شدن این دریچه ها را باز میکند **gating** نام دارد. (کانال های نشستی استثنائاً اند و همانطور که گفته شد در خیلی موارد جزء انتشار ساده به حساب می آیند.) روند **gating** تابع شرایط و ویژگی های پرتئین ناقل است:
  - 1- ولتاژ: بعضی کانال ها در محدوده ولتاژی خاصی احتمال بیشتری برای باز بودن دارند. این نوع از کانال ها کانال های دریچه دار وابسته به ولتاژ نام دارند که در بحپ سیستم عصبی مطرح اند.
  - 2- محتوای شیمیایی: یک ماده ی شیمیایی یا یک حامل عصبی میاید و اپر میگذارد و کانال را باز میکندو اگر نباشد کانال بسته است. به این نوع کانال ها کانال های شیمیایی حساس به لیگاند میگویند.
  - 3- تغییرات مکانیکب: مانند کانال های روی پوست که یکسری کانال های حساس با کشیدگی پوست باز میشوند و تحریک ایجاد میکنند.

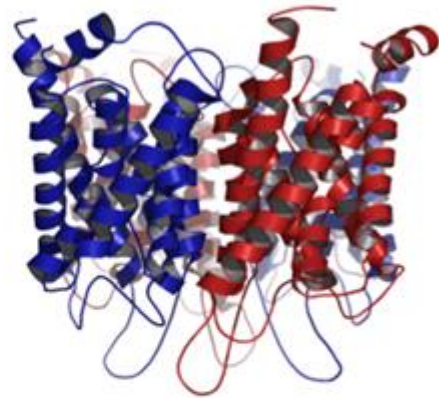
❖ The protein channels are distinguished by two important characteristics:

- (1) They are often *selectively permeable* to certain substances,
- (2) Many of the channels can be opened or closed by *gates* that are regulated by electrical signals (*voltage-gated channels*) or chemicals that bind to the channel proteins (*ligand-gated channels*).

در کنار این ها ما گاهی میبینیم که آب خیلی راحت جابجا میشود در عرض غشاء. تا مدت ها تصور میشد که این موضوع به دلیل ریز بودن آن است اما با دستیابی تکنولوژی به غشاهای مصنوعی , مشاهده کردند که عبور آب از آنچه که تصور میشد مقداری کندتر صورت میگیرد. در نتیجه متوجه شدند که در غشا کانال ها یا منفذ هایی به نام منفذ آبی یا aquaporin وجود دارد , aqua به معنای آب و pore به معنای سوراخ.

این منافذ 13 نوع مختلف دارند ( از 0 تا 12) در بعضی حیوانات و انسان ها وجود دارند , مثلا 1 و 2 و 3 و 4 در کلیه مشاهده شدند. حفره ای در وسط دارند که به آب و مواد محلول در آب اجازه ی عبور میدهد. کاشف آن Peter Agre به دلیل این کشف خود جایزه نوبل دریافت کرد.

- ❑ Protein pores, called *aquaporins* or *water channels*, permit rapid passage of water through cell membranes but exclude other molecules.
- ❑ At least **13 different types of aquaporins** have been found in various cells of the human body.
- ❑ Aquaporins have a **narrow pore** that permits water molecules to diffuse through the membrane in single file.



Crystallographic structure of aquaporin 1 (AQP1)