

## فیزیولوژی کلیه فصل 25

### تبادل آب و الکترولیت‌ها

به طور میانگین ۶۰ درصد وزن بدن هر فردی از آب تشکیل شده است. یعنی حدودا در خانم ها ۵۰ درصد وزن بدن و در آقایان ۶۵ درصد وزن بدن آب است. این درصد به فاکتورهای مختلفی مثل درصد چربی و سن، جنسیت بستگی دارد.

در نوزادان حدود ۷۰ الی ۷۵ درصد بدن را آب تشکیل می دهد، بنابراین دهیدراتاسیون در نوزادان خطرناک تر است.

در بدن یک فرد ۷۰ کیلوگی ۴۲ لیتر آب حدودا وجود دارد که این را به طور متوسط برای هر فرد در نظر می گیریم.

این ۴۲ لیتر به دو بخش کلی تجزیه می شود:

**مایع خارج سلولی (ECF):** یک سوم آب بدن. یعنی ۲۰ درصد وزن بدن و معادل ۱۴ لیتر

**شامل:** پلاسما (۳ تا ۳٫۵ لیتر) و مایع interstitial یا مایعی که در فضای بین سلولی قرار دارد (حدودا ۱۱ لیتر). البته مایع مغزی نخاعی و اپیدورال نیز جزو مایع خارج سلولی است.

**مایع داخل سلولی (ICF):**

۴۰ درصد وزن بدن و معادل ۲۸ لیتر.

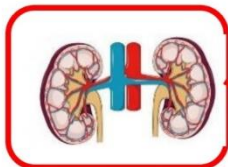
### تفاوت ها و شباهت‌ها

مایع خارج سلولی و داخل سلولی از نظر اسمولاریته تقریبا شبیه هم اند.

در واقع همه مایعات بدن از نظر اسمزی تقریبا به تعادل رسیده اند. البته مایع داخل فضای مدولای کلیه مایع خاصی است (هایپراسموتیک است). اما بقیه مایعات تقریبا از نظر اسمولاریته برابر اند. یعنی در هر لیتر ۳۰۰ ذره وجود دارد. اما این ذرات متفاوت اند. در کتاب فیزیولوژی حدود ۳۰۰ میلی اسمول در نظر گرفته شده است.

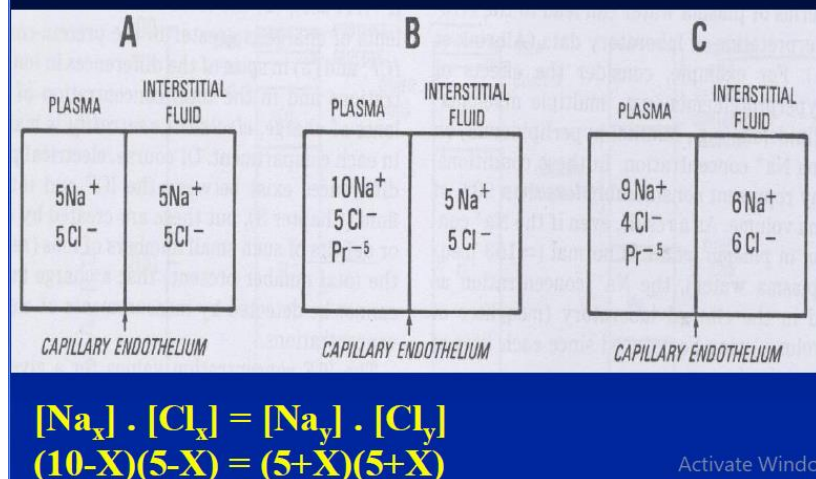
در واقع مواد تشکیل دهنده مایعات متفاوت است .

در مایع خارج سلولی مهمترین کاتیون سدیم است و در داخل سلولی مهمترین کاتیون پتاسیم است. همچنین انیون ها به ترتیب کلر و فسفات اند.



پس از نظر نوع مواد تشکیل دهنده فرق می کنند اما تعداد کل ذرات با هم برابر است.

## Gibbs-donnan effect



## مایع خارج سلولی

شامل پلاسما و مایع بین سلولی.

## تفاوت پلاسما و مایع بین سلولی:

**پلاسما:** دارای پروتئین بیشتر. به این علت کاتیون بیشتری نیز دارد که به ان اثر گیبس دونان گفته میشود.

در حضور یک ماده باردار غیرقابل نفوذ در یک طرف غشا (مانند پروتئین) مواد باردار قابل نفوذ به نحوی در دو طرف غشا توزیع می شوند که حاصل ضرب کاتیون ها و آنیون های قابل نفوذ در یک طرف غشا

با حاصل ضرب کاتیون ها و آنیون های قابل نفوذ در طرف دیگر غشا برابر باشند. و مجموع همه کاتیون های یک طرف غشا (قابل و غیر قابل نفوذ) با همه آنیون های همان طرف غشا برابر باشد. که این همان اصل الکترونوترالیتی یا خنثی بودن الکتریکی است .

پروتئین بار خالص منفی دارد بنابراین بار های مثبت بیشتری را کنار خود نگه می دارد و بار منفی را دور میکند. غلظت کاتیون ها و آنیون ها هم حدود ۲ الی ۳ درصد در داخل عروق (پلاسما) با مایع بین سلولی تفاوت دارد

این وضعیت باعث شده که پلاسما سدیم بیشتری و کلر کمتری از مایع بین سلولی داشته باشد که به علت بار منفی پروتئین موجود در آن قسمت است که اصل گیبس دونان نام دارد.

این اثر به خاطر پروتئین نیست ولی پروتئین هم این شرط را دارد. در واقع یک ماده باردار غیرقابل نفوذ است.

## تعریف اصل گیبس دونان دو قسمت دارد:

حاصل ضرب کاتیون ها و آنیون های قابل نفوذ در یکطرف غشا با طرف مقابل برابر است.

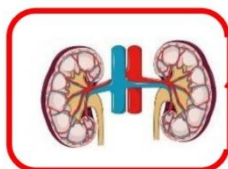
مجموع همه کاتیون های یک طرف غشا با همه آنیون های همان طرف غشا باهم برابر است که از نظر الکتریکی خنثی هستند. این باعث شده که حدود ۳ درصد، غلظت سدیم در داخل پلاسما از فضای میان سلولی بیشتر شود .

## فضای بین سلولی:

دارای پروتئین با غلظت کمتر

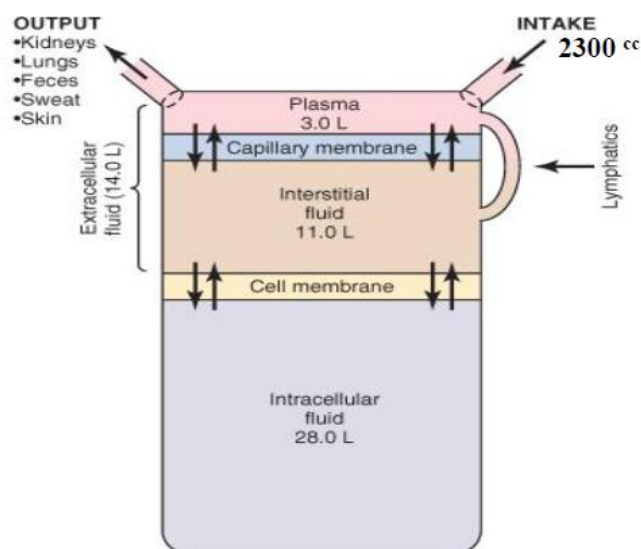
اختلاف این دو مایع از نظر پروتئین است.

پس از ضربه مغزی اولین اتفاقی که می افتد ادم مغزی است که در واقع ادم سلولهای مغزی است و باید این ادم را برطرف کنیم و مایع را خارج کنیم وگرنه بیمار وارد فاز کما میشود. در واقع باید باعث جا به جایی مایعات بشویم.



چیزی باعث جا به جایی مایعات در بدن میشود؟ توزیع مایعات و اسمولاریته مختلف مایعات در بدن. مثلاً در تزریق سرم .

انواع سرم های ایزوتونیک، هایپوتونیک و هایپرتونیک داریم .



شکل شماتیک راه های ورود و خروج آب از بدن

راه های ورود و خروج مایعات به بدن

### دریافت آب: ۲۳۰۰

۲۱۰۰ از طریق مایعات خورده شده

۲۰۰ از طریق متابولیسم

### دفع آب:

دفع نامحسوس از طریق پوست: تعریق نیست و انتشار از راه پوست است و در حالت عادی ورزش سنگین وجود دارد. لایه سطحی پوست این دفع را به حداقل می‌رساند. میزان دفع آب از طریق هر یک از روش ها در هنگام استراحت و فعالیت متفاوت است. اگر لایه سطحی پوست از بین برود دفع نامحسوس آب شدید میشود مانند سوختگی های وسیع.

در کسانی که دچار سوختگی وسیع می‌شوند اگر به بیمار نگاه کنیم روی سطح پوست وی قطره قطره آب وجود دارد و به این بیماران باید سرم زیادی بدهیم تا آب از دست رفته جبران شود.

دفع نامحسوس از طریق ریه: صرف مرطوب کردن هوای دمی میشود.

تعریق

مدفوع

ادرار

۴ مورد اول تحت کنترل فیزیولوژیک بدن نیستند. یعنی هدف آنها تنظیم مایعات بدن نیست .

یعنی تحت تاثیر مقدار آب بدن ما قرار نمیگیرند، یعنی اگر فردی دچار دهیدراتاسیون شده باشد، این راه ها نمیتوانند کاهش پیدا کنند که دهیدراتاسیون جبران شود .

از ابتدایی ترین اعمال کلیه حفظ هومئوستاز آب و الکترولیت ها در بدن است یعنی حجم آب بدن را ثابت نگه می‌دارد و مقدار الکترولیت ها نیز ثابت باشد بنابراین غلظت این ها در بدن ثابت بماند .

غلظت سدیم باید ۱۴۰ باشد. و باید ثابت باشد یعنی مثلاً تحت تاثیر نمک نخوردن و خوردن کم و زیاد نشود. که این اعمال بر عهده کلیه است .

فقط کلیه وظیفه و هدف تنظیم آب و الکترولیت های بدن را دارد و دفع آنها را بر اساس سایر راه ها تنظیم می‌کند تا آب بدن ثابت بماند.

## Constituents of Extracellular and Intracellular Fluids

	Plasma (mOsm/L H <sub>2</sub> O)	Interstitial (mOsm/L H <sub>2</sub> O)	Intracellular (mOsm/L H <sub>2</sub> O)
Na <sup>+</sup>	142	139	14
K <sup>+</sup>	4.2	4.0	140
Ca <sup>++</sup>	1.3	1.2	0
Mg <sup>++</sup>	0.8	0.7	20
Cl <sup>-</sup>	108	108	4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24	28.3	10
HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2	2	11
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.5	0.5	1
Phosphocreatine			45
Carnosine			14
Amino acids	2	2	8
Creatine	0.2	0.2	9
Lactate	1.2	1.2	1.5
Adenosine triphosphate			5
Hexose monophosphate			3.7
Glucose	5.6	5.6	
Protein	1.2	0.2	4
Urea	4	4	4
Others	4.8	3.9	10
Total mOsm/L	301.8	300.8	301.2
Corrected osmolar activity (mOsm/L)	282.0	281.0	281.0
Total osmotic pressure at 37°C (mm Hg)	5443	5423	5423

غلظت کاتیون ها و آنیون ها در مایع بین سلولی و پلاسما

فشار بخار آب: میزان تمایل مولکول های آب برای تبدیل شدن از مایع به گاز

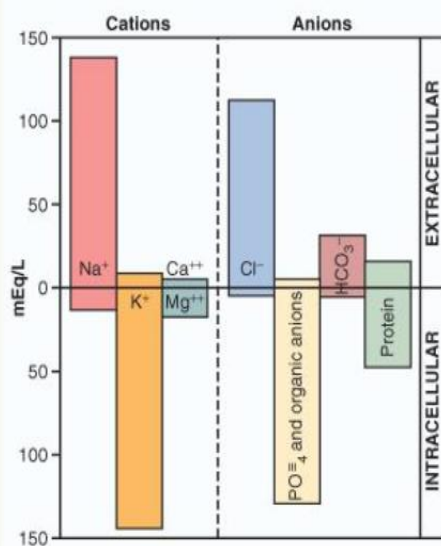
فشار بخار آب در بدن ۴۷ میلی متر جیوه است .

در دمای پایین فشار بخار آب کم است و فرد احساس خشکی بیشتری میکند .

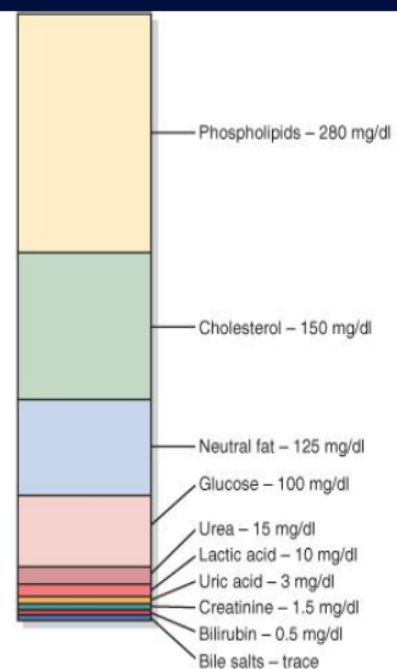
فشار بخار آب در دمای ۱۰۰ درجه ۷۶۰ میلی متر جیوه است .

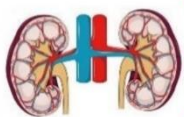
مهمترین کاتیون ها و آنیون ها در پلاسما و مایع داخل سلولی

## major cations and anions of the ICF and ECF



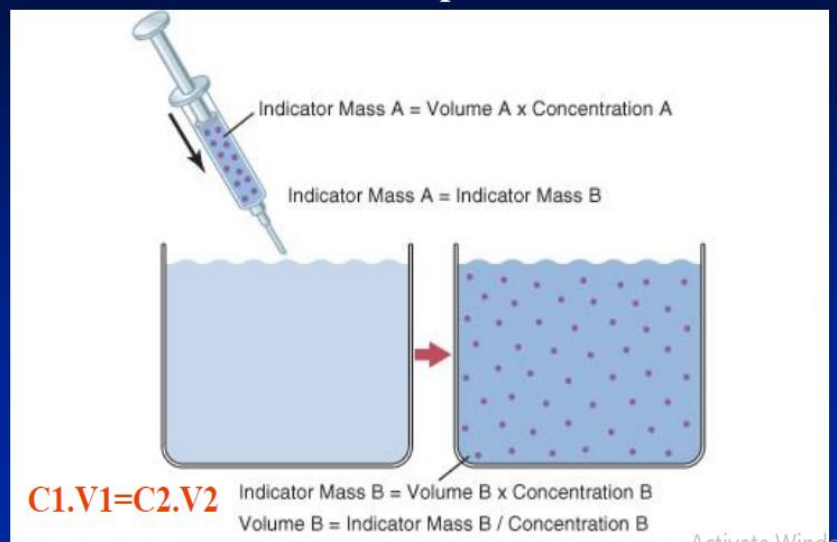
## Nonelectrolytes of the plasma





## Measurement of Fluid Volumes in the Different Body Fluid Compartments

### The Indicator-Dilution Principle



اندازه گیری حجم مایعات بدن

جهت این کار از اصل رقیق سازی ماده نشان دار استفاده میکنیم. یعنی یک ماده نشان دار را داخل بخشی از مایعات بدن تزریق کرده و وقتی خوب پخش شد یک نمونه میگیریم .

به غلظت اولیه  $C_1$  و حجم اولیه  $V_1$  گفته میشود که می‌خواهیم غلظت و حجم نهایی را به دست آوریم.

**فرمول بقای ماده:  $C_1V_1 = C_2V_2$**

غلظت اولیه برابر با غلظت ماده تزریق شده و حجم اولیه برابر با حجم سرنگ است.

$C_2$  همان نمونه ای ست که بعد از پخش شدن بر میداریم. و  $V_2$  برابر حجم نهایی ست که جمع  $V_1$  و  $V_2$  است .

در واقع حجم نهایی برابر  $V_1$  بعلاوه  $X$  است که  $X$  را می‌خواهیم به دست آوریم.

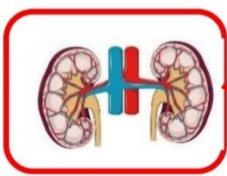
یعنی حجمی که به این روش به دست می‌آوریم حجم فضای مجهول نیست و باید منهای  $V_1$  کنیم تا  $X$  مدنظر به دست بیاید.

**نکته:** محاسبه آن ۱۰ تا ۱۵ سی سی اختلاف می‌دهد.

**ماده ای که تزریق میکنیم باید:**

- ✚ در همان محیط مد نظر ما بماند. مثلاً می‌خواهیم حجم کل مایعات بدن را به دست آوریم. پس در همه بدن باید پخش شود. اما گاهی می‌خواهیم فقط حجم مایع خارج سلولی را به دست آوریم پس ماده باید از رگ خارج شود و وارد سلول ها نشود .
- ✚ یکنواخت پخش شود .
- ✚ در بدن مصرف نشود .
- ✚ در بدن تولید نشود .
- ✚ سمی نباشد .
- ✚ قابل تجزیه شدن نباشد.

برای گرفتن عکس رنگی از ستون مهره ها و اعصابی که از مهره ها خارج میشود از ماده ای استفاده می‌کنند تا دیسک های درگیر را ببینند. این عکس ها قبل از جراحی های دیسک میگیرند. در واقع این ماده را در نخاع تزریق می‌کنند و بعد عکس میگیرند. سپس ریشه های نخاعی درگیر مشخص می‌شود. این ماده اومنی پک نام دارد. در این عکس برداری از سدیم رادیواکتیو استفاده میشود.



این ماده معمولاً باعث حساسیت نمیشود. در برخی کتب ذکر شده که یک در چند میلیون باعث حساسیت میشود. هر ماده ای ممکن است در هر فردی حساسیت ایجاد کند. حتی یک ویتامین داخل رگی می تواند حساسیت ایجاد کند. از یک ماده نمی توان برای همه محیط ها استفاده کرد. زیرا ماده باید فقط در محیط مورد نظر باشد.

مثلاً می خواهیم غلظت مایع خارج سلولی را اندازه بگیریم. یعنی مایعی که داخل رگ ها و عروق وجود دارد. سدیم ماده ای است که برای این قسمت ها اختصاصی است پس از سدیم نشان دار استفاده میشود، یا میتوان از ید رادیواکتیو و یا اینولین استفاده کرد.

اگر بخواهیم آب کل بدن را اندازه بگیریم فقط آب را استفاده میکنیم. یا از آب رادیواکتیو ( $\text{Tritium}, ^3\text{H}_2\text{O}$ ) و یا از آب سنگین ( $\text{Deuterium}, ^2\text{H}_2\text{O}$ ) استفاده میشود که نشان دار هستند و در همه مایعات بدن پخش می شوند.

### جهت اندازه گیری حجم مایع داخل سلولی چه میکنیم؟

پتاسیم اختصاصی داخل سلول است و اگر تزریق شود باعث مرگ میشود. پس نمی توان تزریق کرد. جهت اندازه گیری، حجم کل مایع بدن را به دست آورده و حجم مایع خارج سلولی را از آن کم میکنیم.

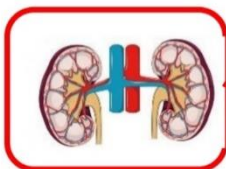
یون های کلسیم و پتاسیم اگر کمی از حد خود کمتر یا بیشتر شوند مشکل ساز هستند.

جهت اندازه گیری حجم پلاسما از پروتئین نشان دار شده (آلبومین) یا رنگی که به پروتئین بچسبد مانند ایوانس بلو استفاده میشود. پس پروتئین مختص پلاسما است.

جهت اندازه گیری حجم خون : از گلبول نشان دار استفاده میکنیم یا محاسبه میکنیم.

## Measurement of Body Fluid Volumes

Volume	Indicators
Total body water	$^3\text{H}_2\text{O}$ , $^2\text{H}_2\text{O}$ , antipyrine
Extracellular fluid	$^{22}\text{Na}$ , $^{125}\text{I}$ -iothalamate, thiosulfate, inulin
Intracellular fluid	(Calculated as Total body water – Extracellular fluid volume)
Plasma volume	$^{125}\text{I}$ -albumin, Evans blue dye (T-1824)
Blood volume	$^{51}\text{Cr}$ -labeled red blood cells, or calculated as Blood volume = Plasma volume / (1 – Hematocrit)
Interstitial fluid	(Calculated as Extracellular fluid volume – Plasma volume)



## حجم خون برابر است با:

$$\frac{\text{پلاسما}}{\text{هماتوکریت} - 1}$$

حجم مایع بینابینی قابل محاسبه نیست زیرا ماده ای نداریم که فقط در فضای بین سلولی پخش شود.

حجم پلاسما - ECF = حجم مایع بینابینی

**مول:** وزن مولکولی ماده در یک لیتر برابر با محلول یک مول است.

**اسمول:** تعداد ذرات در یک لیتر.

ماده به هر تعداد ذره ای که تجزیه شود اسمول آن همانقدر برابر مول است .

**اسمول:** مول  $\times$  تعداد ذرات پس از تجزیه شدن. البته این تئوریک است و در عمل خیلی درست نیست زیرا همه ذرات تجزیه نمیشوند. به همین دلیل مثلاً برای NaCl ضریب ۰,۹۳ را در نظر میگیریم. که برای محاسبه اسمولاریته واقعی، اسمولاریته به دست آمده را در ۰,۹۳ ضرب میکنیم .

**اسمولالیت:** در یک کیلوگرم حلال یا در یک لیتر محلول. در مایعات بدن این دو خیلی به هم نزدیک اند و اسمولاریته را بیشتر استفاده میکنیم. تفاوت اسمولالیت و اسمولاریته در حجم یا وزن حلالی است که استفاده میشود

اسمولالیت: تعداد مول ها در یک کیلوگرم حلال

اسمولاریته : تعداد مول ها در یک لیتر حلال (برای مایعات بدن بیشتر اسمولاریته استفاده میشود)

**اسمز:** جا به جایی آب از غشای نیمه تراوا از جایی که غلظت آب بیشتر است به جایی که غلظت آب کمتر است

**غشای نیمه تراوا:** مواد محلول نمی توانند از آن عبور کنند اما حلال می تواند رد شود .

**فشار اسمزی:** میزان فشاری که لازم است اعمال کنیم تا آب به روش اسمز جا به جا نشود. یعنی میزان فشار لازم برای جلوگیری از اسمز آب. (فشار اسمزی به تعداد ذرات بستگی دارد نه به اندازه ذرات)

### - Osmotic Pressure

### - Relation Between Osmotic Pressure and Osmolarity

$$\pi = CRT \quad (\text{van't Hoff's law})$$

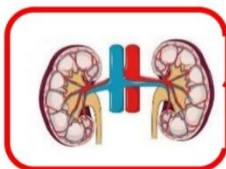
$$\pi = 1 \text{ Osm/L} \times 62.26 \times 310 = 19300 \text{ mmHg}$$

C: concentration of solutes in osmoles per liter

R: ideal gas constant

T: absolute temperature in degrees Kelvin ( $273^{\circ} + \text{centigrade}^{\circ}$ )

### - Calculation of the Osmolarity and Osmotic Pressure of a Solution



وقتی آب جا به جا میشود سطح محلول در یک سمت بالاتر میرود. اگر یک کاغذ روی آن بگذاریم چقدر وزن لازم است تا آب جا به جا نشود و بالا نیاید.

فشار اسمزی طبق قانون وانتهوف حساب میشود

### ✚ فشار اسمزی CRT :

$R$  = ثابت عمومی گاز ها

$C$  = غلظت بر حسب اسمول

$T$  = دمای محیط بر حسب دمای کلوین

وقتی ما اسمولاریته را حساب میکنیم،  $1\text{NACL}$  را برابر ۲ ذره حساب میکنیم، اما در مایعات بدن ما همه  $\text{NACL}$  ها تفکیک نمی شوند و بخشی باقی میمانند، بنابراین ۲ تا یونی که در کنار هم قرار گرفته اند، بعنوان یک ذره عمل میکنند، بنابراین اسمولاریته واقعی بدن ما مقداری کمتر از اسمولاریته ای است که حساب میکنیم برای همین از ضریب تصحیح استفاده میکنیم.

فکر کنید اختلاف غلظت یک اسمول بین دو طرف داریم و  $C$  برابر با ۱ است. دما نیز ۳۷ است. پس فشار اسمزی برابر است

$$19300.6 = 62.26 \times 1 \times 310 \quad \text{با } 19300 \text{ میلیمتر جیوه.}$$

یعنی یک اسمول اختلاف غلظت باعث ایجاد این میزان فشار اسمزی میشود اما در بدن ما اختلاف غلظت بر حسب اسمول نیست. و بر حسب میلی اسمول است.

بنابراین باید تقسیم بر ۱۰۰۰ کنیم که میشود ۱۹,۳. این یک عدد پایه است و هر وقت بخواهیم فشار اسمزی هر محلولی را حساب کنیم کافی ست که غلظت آنرا (میزان میلی اسمول) در ۱۹,۳ ضرب کنیم .

دیواره مویرگ نفوذپذیری دارد و مواد می توانند عبور کنند اما برخی مواد نمی توانند .

میانگین فشار هیدروستاتیک (فشارخون) داخل مویرگ ۱۷,۳ است .

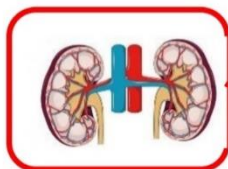
فشار در ابتدای مویرگ های سیستمیک بدن ۳۰ و آخر آن ۱۰ است و میانگین آن ۱۷,۳ است. که ما ۱۹,۳ در نظر میگیریم.

با اینکه فشار اسمزی در مویرگ بیشتر از فضای اطراف است آب داخل آن میماند زیرا فقط یک میلی اسمول اختلاف غلظت بین داخل و خارج مویرگ وجود دارد. و هر یک میلی اسمول حدود ۱۹,۳ یا ۱۷,۳ اختلاف فشار را میتواند تحمل کند اما اگر بیشتر شود، مابقی آب از مویرگ خارج میشود.

فشار اسمزی خون

اسمولاریته خون حدوداً ۲۹۰ است که به طور رند ۳۰۰ است. پس فشار اسمزی برابر با  $19,3 \times 300$  است .

غلظت  $\text{NACL}$  در خون برابر با ۰,۹ درصد است یعنی در هر ۱۰۰ سی سی ۰,۹ گرم نمک وجود دارد پس در یک لیتر ۹ گرم نمک وجود دارد. ابتدا باید حساب کنیم ۹ گرم در یک لیتر چند مول است .



۵۸,۵ گرم معادل ۱ مول است. پس ۹ گرم را بر ۵۸,۵ تقسیم میکنیم که مولاریته به دست می آید. سپس آنرا به اسمول تبدیل میکنیم. یعنی در ۲ ضرب میکنیم که اسمولاریته به دست می آید. اسمولاریته را در ۱۹,۳ ضرب میکنیم و فشار اسمزی به دست می آید.

پس ابتدا مول را حساب کرده و به اسمول تبدیل میکنیم و سپس در ۱۹,۳ ضرب میکنیم.

**نکته:** ما در واقعیت غشای نیمه تراوا نداریم و هر غشایی به درصدی از مواد نفوذپذیری دارد. پس در اینجا ضریب بازگشت (فی) را داریم. یعنی غشا چقدر مانع عبور ماده میشود.

مثلا اگر این ضریب ۱ باشد یعنی کاملا اجازه عبور نمی دهد. ولی معمولا برای هیچ ماده ای ۱ نیست. و معمولا ۰,۹۸ است. که باید در این عدد هم ضرب کنیم تا فشار اسمزی دقیق به دست آید.

همیشه بین داخل و خارج سلول و همه مایعات بدن یک تعادل اسمزی وجود دارد.

جا به جایی مایعات بین پلاسما و فضای بین سلولی تحت تاثیر چیست و چه چیزی تعیین می کند آب به مویرگ وارد شود یا خارج شود؟

در واقع **net filtration rate** برابر است با **net filtration pressure** ضربدر ضریب فیلتراسیون.

**net filtration pressure:** چهار نیروی استارلینگ شامل: فشار هیدروستاتیک و فشار اسمزی کلئیدی داخل مویرگ و فضای بین سلولی

پس جا به جایی مایعات بین پلاسما و فضای بین سلولی تحت تاثیر نیروهای استارلینگ است.

جا به جایی مایعات بین فضای خارج سلولی و داخل سلولی تحت تاثیر اسمولاریته یا نیروهای اسمزی است. این نیروها تعیین می کنند که آب از سلول خارج شود یا به آن وارد شود.

محلول های زیر برحسب اینکه تعداد ذرات غیر قابل نفوذ در دو طرف غشا چه فرقی با هم داشته باشند تعریف می شوند.

## ● Osmotic Equilibrium Is Maintained Between Intracellular and Extracellular Fluids

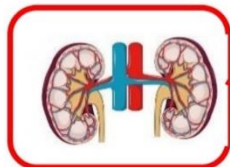
### -Isotonic, Hypotonic, and Hypertonic Fluids

✚ **محلول ایزوتونیک:** تعداد ذرات غیر قابل نفوذ در دو طرف غشا باهم برابر است. اگر گلبول قرمزی در این محلول بیاندازیم حجم سلول ثابت میماند.

✚ **محلول ایزواسموتیک:** از نظر رفتاری معادل ایزوتونیک نمی باشد.

مثال: محلولی با غلظت فلان قدر اوره داریم. فشار اسمزی را محاسبه کنید؟ قابل محاسبه نیست.

محلول ایزوتونیک یعنی تعداد ذرات غیر قابل نفوذ در دو طرف غشا با هم برابر اند. یعنی ذره ای از غشا نمی تواند رد شود و آبی هم جا به جا نمیشود و حجم سلول تغییری نمیکند.



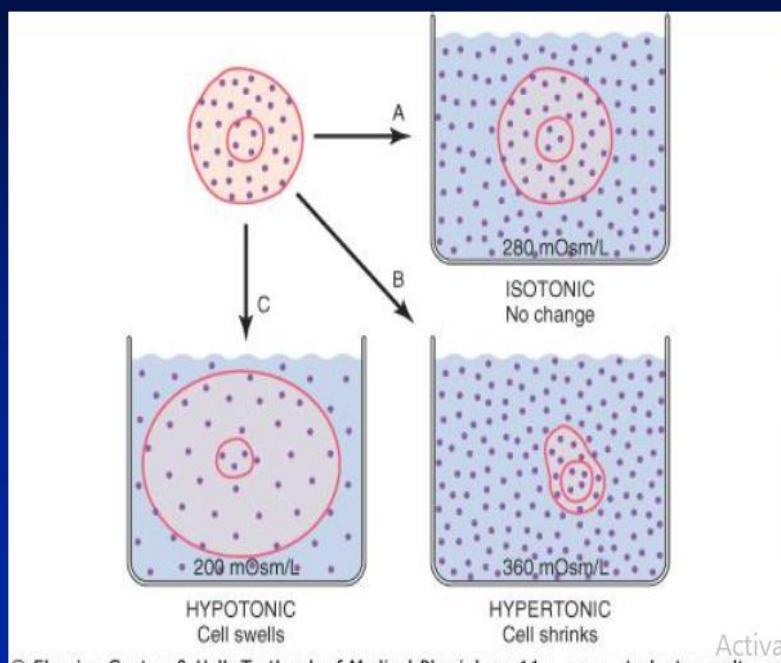
➤ **محلول هایپوتونیک:** تعداد ذرات کمتر است. باعث می شود سلول متورم شود.

➤ **محلول هایپرتونیک:** تعداد ذرات بیشتر است. باعث می شود سلول چروکیده شود.

➤ **محلول ایزواسموتیک:** تعداد تمام ذرات در دو طرف با هم برابر است. که ممکن است در سمتی همگی غیر قابل نفوذ باشند یا در سمت دیگر مثلاً ۵۰ تا سدیم باشد و در سمت دیگر اوره و گلوکز هستند.

ذرات غیر قابل نفوذ ذرات موثر هستند که رد نمیشوند اما ذراتی مثل اوره و گلوکز می توانند رد شوند. تفاوت تونیک ها با اسموتیک ها در این است که در تونیک ها فقط تعداد ذرات غیر قابل نفوذ را بررسی میکنیم، اما در اسموتیک ها تعداد همه ی ذرات را بررسی میکنیم.

## Effects of isotonic (A), hypertonic (B), and hypotonic (C) solutions on cell volume



فرض کنید در سمتی ۵۰ ذره سدیم و در سمتی ۵۰ ذره اوره و گلوکز وجود دارد. ۲۵ تا از این سمت حرکت کرده و به سمت مقابل میرود و ۲۵ تا در همان سمت باقی میماند. پس در یک سمت ۷۵ و در یک سمت ۱۲۵ ذره داریم.

اگر سلولی را در همچین محلولی بیاندازیم حجم آن ثابت نمی ماند.

پس نمی توان پیش بینی کرد که اگر سلولی را در یک محل ایزواسموتیک بیاندازیم آیا واقعا حجم آن ثابت میماند یا بزرگ یا کوچک میشود. بلکه بستگی به ذرات آن دارد

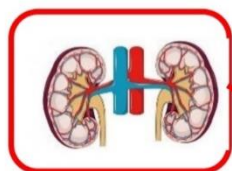
### ● Isosmotic, Hyperosmotic, and Hypo-osmotic Fluids

### ● Osmotic Equilibrium Between Intracellular and Extracellular Fluids Is Rapidly Attained

### - Effect of Adding Saline Solution to the Extracellular Fluid

فشار اسمزی: فشار حاصل از ذرات ریز است و اندازه ذرات تاثیری ندارد.

فشار اسمزی کلوئیدی: توسط ذرات درشت خصوصا پروتئین ها اعمال میشود پس اندازه و حتی شکل پروتئین ها هم موثر است.



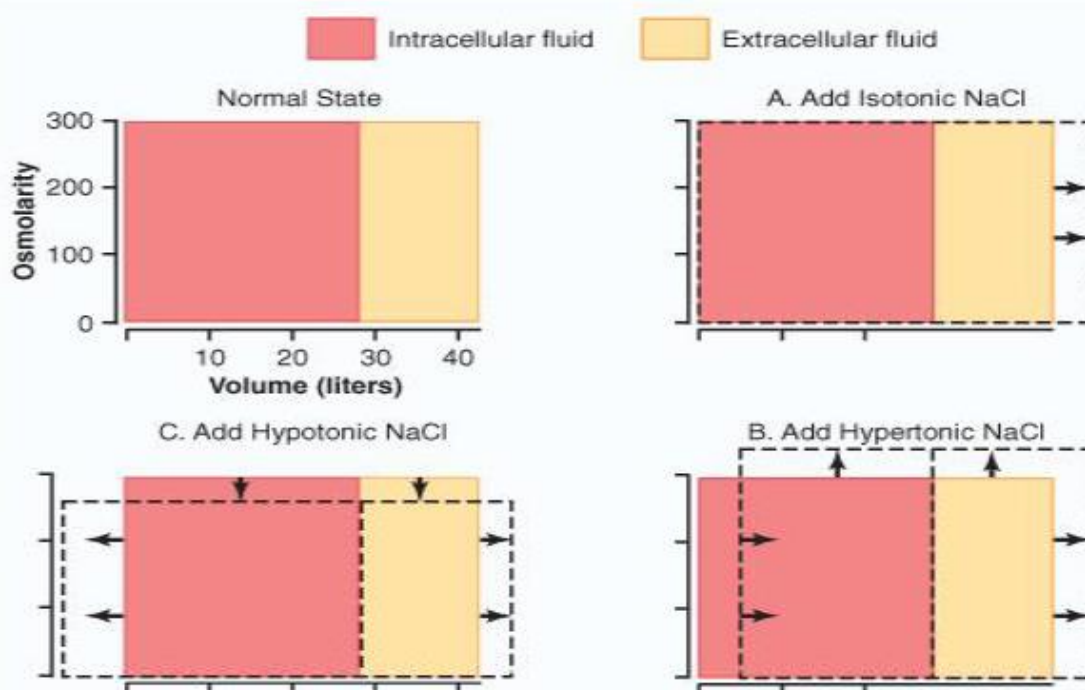
## فشار اسمزی موثر:

فقط ذراتی که نمی‌توانند از غشا رد شوند فشار اسمزی موثر را اعمال می‌کنند. ماده ای که رد شود فشار اسمزی اعمال نمی‌کند.

در واقع اگر یک سرم قندی ۳۰۰ میلی اسمول را که از نظر اسمولاریته با مایعات بدن یکسان است به فردی تزریق کنیم به این معنا نیست که سرم ایزوتونیک تزریق کردیم. بلکه یک محلول هایپوتونیک تزریق کردیم. زیرا گلوکز وارد سلول ها میشود و چیزی که عاید فرد میشود آب خالی است که باعث افزایش حجم ادرار و رقیق شدن مایعات بدن می‌شود.

به فرد دچار ادم مغزی باید سرم هایپرتونیک بدهیم. (سرم مانیتول) به این ترتیب غلظت را در اطراف سلول ها بالا می‌بریم تا آب از سلول خارج شود.

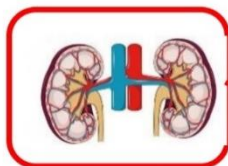
## Effect of adding different solutions to ECF after osmotic equilibrium



اثر انواع سرم ها بر حجم های مایعات بدن

همه سرم ها را در رگ تزریق میکنیم.

در وضعیت تعادل اسمولاریته مایع داخل سلولی و خارج سلولی باهم برابر است (۳۰۰) و به دارای حجم های ۱۴ و ۲۸ لیتر هستند.



مثلا دو لیتر سرم ایزوتونیک نرمال سالین تزریق میکنیم. سرم نرمال سالین حاوی ۰,۰۹ درصد نمک است یعنی در هر ۱۰۰ سیسی ۰,۹ نمک ریخته شده است. این سرم از نظر تعداد ذرات با مایعات بدن برابر است.

پس از تزریق این سرم مایع داخل سلولی از نظر حجم و اسمولاریته تغییری نمیکند. اسمولاریته مایع خارج سلولی نیز تغییر نمیکند اما حجم آن به اندازه حجم سرم زیاد می شود.

پس سرم ایزوتونیک فقط در مایع خارج سلولی پخش می شود. و اصلا وارد سلول ها نمیشود. زیرا ورود و خروج آب به داخل و خارج سلول بر اساس شیب اسمزی است اما در اینجا شیب اسمزی ایجاد نمی شود و تعادل اسمزی حفظ میشود.

افزایش حجم مایع خارج سلولی باعث افزایش فشار خون میشود و در نتیجه کلیه آن را دفع می کند.

### کاربرد سرم ایزوتونیک:

افت فشار خون

دهیدراتاسیون

## Calculation of Fluid Shifts and Osmolarities After Infusion of Hypertonic Saline

Step 1. Initial Conditions

	Volume (Liters)	Concentration (mOsm/L)	Total (mOsm)
Extracellular fluid	14	280	3,920
Intracellular fluid	28	280	7,840
Total body fluid	42	280	11,760

Step 2. Instantaneous Effect of Adding 2 Liters of 3.0 Per Cent Sodium Chloride

	Volume (Liters)	Concentration (mOsm/L)	Total (mOsm)
Extracellular fluid	16	373	5,971
Intracellular fluid	28	280	7,840
Total body fluid	44	No equilibrium	13,811

Step 3. Effect of Adding 2 Liters of 3.0 Per Cent Sodium Chloride After Osmotic Equilibrium

	Volume (Liters)	Concentration (mOsm/L)	Total (mOsm)
Extracellular fluid	19.02	313.9	5,971
Intracellular fluid	24.98	313.9	7,840
Total body fluid	44.0	313.9	13,811

### سرم هایپرتونیک

دارای اسمولاریته بیشتر نسبت به مایعات بدن است مثلا ۴۰۰. با تزریق این سرم اسمولاریته مایع خارج سلولی زیاد می شود. در نتیجه آب از سلول ها خارج میشود. در نتیجه مقداری مایع داخل سلولی وارد فضای خارج سلولی میشود.

پس با تزریق دو لیتر سرم هایپرتونیک حجم مایع خارج سلولی بیشتر از ۲ لیتر زیاد می شود. که این بستگی به اسمولاریته ای که تزریق میکنیم دارد.

در هر دو فضای خارج و داخل سلولی اسمولاریته زیاد میشود. اب تا جایی جا به جا میشود که اسمولاریته هر دو طرف باهم برابر شود.

### سرم هایپوتونیک

## ● Glucose and Other Solutions Administered for Nutritive Purposes

## ● Clinical Abnormalities of Fluid Volume Regulation: Hyponatremia and Hypernatremia

-Causes of Hyponatremia: Excess Water or Loss of Sodium

-Causes of Hypernatremia: Water Loss or Excess Sodium

اگر یک سرم هایپوتونیک تزریق کنیم مثلاً اسمولاریته ۲۰۰، اسمولاریته مایع خارج سلولی پایین می آید. پس آب از خارج سلول وارد سلول میشود. اسمولاریته فضای داخل و خارج سلولی کاهش پیدا می کند و حجم آنها افزایش پیدا میکند تا به تعادل برسند.

کاربرد این مایعات برای کسانی ست که دچار دهیدراتاسیون شدند.

**نکته:** همراه عرق املاح دفع میشود و اگر طولانی مدت باشد باعث کاهش املاح میشود به همین علت حین ورزش توصیه می شود که داخل آب نمک یا شکر بریزید.

در هر صورت افراد دهیدره باید هایپوتونیک بخورند که در هر دو محیط پخش می شود. مایعات ایزوتونیک بیشتر مخصوص افت فشار خون است.

فشارخون برابر است با: کاردیاک اوت پوت (Cardiac output) × مقاومت محیطی

کاردیاک اوت پوت با خون داخل رگ ها رابطه مستقیم دارد.

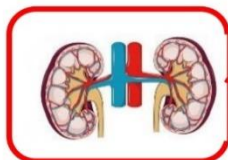
### نحوه محاسبه میزان تزریق سرم

اگر دو لیتر سرم هایپرتونیک تزریق کنیم چقدر از آن وارد داخل یا خارج سلول میشود و بعد از اینکه به تعادل رسید حجم مایعات بدن چقدر میشود.

**وضعیت پایه یا سلامتی:** ۱۴ لیتر مایع خارج سلولی و ۲۸ لیتر مایع داخل سلولی. و اسمولاریته برابر با ۲۸۰. همچنین ۳۹۲۰ ذره در خارج سلول (280×14) و ۷۷۴۰ ذره در داخل سلول (280×28) داریم.

فرض کنید دو لیتر سرم  $\text{NaCl}$  ۳ درصد تزریق میکنیم. در هر ۱۰۰ سی سی سه گرم نمک دارد و در هر یک لیتر ۳۰ گرم نمک دارد.

۳۰ تقسیم بر ۵۸،۵ برابر با مولاریته است. این عدد را در دو (دولیتتر) ضرب میکنیم و سپس دوباره در دو ضرب میکنیم زیرا دو ذره را می خواهیم به اسمول تبدیل کنیم. این برابر با تعداد کل اسمول های تزریق شده به فرد است.



اکنون ۱۶ لیتر مایع در خارج سلول داریم. که با اسمولاریته جدید حدود ۵۹۷۱ ذره در خارج سلول داریم که تقسیم بر ۱۶ لیتر میکنیم و اسمولاریته مایع خارج سلولی برابر با ۳۷۳ به دست می آید.

داخل سلول هنوز تحت تاثیر قرار نگرفته زیرا هنوز با مایع خارج سلولی به تعادل نرسیده است.

کل مایعات بدن ۴۴ لیتر است که تعادل ندارد و تعداد ذرات بدن نیز ۱۳۸۱۱ میباشد.

مایع خارج سلولی غلیظ تر شده پس آب باید از داخل سلول خارج شود و وارد فضای بین سلولی شود.

با تقسیم تعداد ذرات بر ۴۴ اسمولاریته کل مایعات بدن بعد از تعادل به دست می آید که معادل ۳۱۳٫۹ است. وقتی این ستون را بر تعادل نهایی تقسیم کنیم حجم هر محفظه به دست می آید. حجم مایع خارج سلولی به این ترتیب برابر ۱۹ لیتر است. یعنی ۳ لیتر آب از سلول ها خارج شده است.

**بستگی به میزان ادم بیمار دارد که چقدر محلول هایپرتونیک تزریق کنیم.**

گلوکز و مواد تغذیه ای در بدن مصرف می شوند و حاصل تزریق آنها مانند تزریق آب خالی است. و اسمولاریته مایعات بدن کاهش پیدا می کند محلول های قندی بیشتر به عنوان دیورتیک عمل میکنند.

**هایپرناترمی:** زمانی اتفاق می افتد که آب زیادی از دست داده شود یا سدیم زیادی مصرف شده باشد.

**هایپوناترمی:** زمانی اتفاق می افتد که حجم آب بدن زیاد شده باشد یا دفع سدیم از بدن افزایش یافته باشد. (باعث ادم می شود) (هر دو میتوانند سبب اختلالاتی شوند)

### ادم (عدم تعادل آب در بدن)

مایع بین سلولی مانند ژل است.

تعریف: اگر مایع آزاد در یک بافت زیاد شود (نه مایع بین سلولی) ادم رخ می دهد.

### دو حالت دارد:

ادم داخل سلولی: افزایش آب در سلول. زیر دست یک بافت سفت حس میشود. این ادم گوده گذار نیست.

ادم خارج سلولی: افزایش آب در فضای بین سلولی. این ادم گوده گذار است.

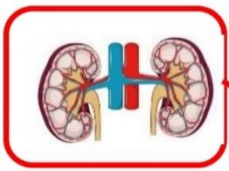
جهت تشخیص این دو موضع را با انگشت فشار میدهیم. اگر جای انگشت برای چند لحظه باقی بماند ادم خارج سلولی است. به عبارتی مایع جا به جا میشود. اما مایع در ادم داخل سلولی جا به جا نمیشود.

### علل

**ادم داخل سلولی:** داخل سلول بار منفی و پروتئین زیاد دارد در نتیجه کاتیون هایی مانند سدیم تمایل به ورود به سلول دارند.

مهمترین وظیفه پمپ سدیم پتاسیم حفظ حجم سلول است. اگر این پمپ نباشد سدیم همراه آب وارد سلول میشود و سلول می ترکد.

از کار افتادن پمپ باعث ادم داخل سلولی میشود. وقتی پمپ ATP یا انرژی نداشته باشد از کار می افتد. وقتی جریان خون نباشد ATP وجود ندارد. مثلاً در سکته ها



به همین دلیل اولین اتفاق در سکنه ها تورم سلول است که اگر زود رسیدگی شود سلول برمیگردد و گرنه سلول دچار لیز میشود و می‌ترکد.

مهمترین علت ادم داخل سلولی مشکلات متابولیک هستند که مربوط به جریان خون بافتی است.

**ادم خارج سلولی** بستگی به نیروهای استارلینگ دارد (بهم خوردن آن). یعنی این نیروها میزان ورود و خروج مایعات به رگ ها تعیین می‌کنند. همچنین به لنف بستگی دارد. همه موادی که خارج می‌شوند به رگ برنمیگردند و مقداری از مسیر لنفاوی برمیگردد.

ایا مجموع برگشت بعلاوه لنف برابر مجموع خروج است؟

عوامل تعیین کننده میزان خروج:

✚ فشار هیدروستاتیک در داخل مویرگ

✚ تعادل فشار اسمزی بین داخل و خارج رگ

مثلا فردی که دچار نارسایی کبدی شده چه مشکلی برای وی پیش می‌آید؟

کبد مشکل دار پروتئین نمی‌سازد. پس فشار اسمزی کلئیدی خون کم میشود. در نتیجه نیروی رو به خارج برای مویرگ ها زیاد شده پس مایعات از رگ خارج می‌شوند. پس این افراد هر دو سه روز یک بار دچار آسیت می‌شوند.

اگر میزان خروج از میزان برگشت بیشتر باشد تجمع در فضای بین سلولی رخ می‌دهد که ادم نام دارد.

## Edema: Excess Fluid in the Tissues • Edema Caused by Heart Failure

• Intracellular Edema

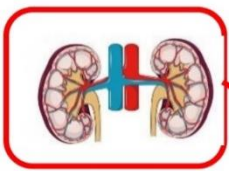
• Extracellular Edema

• Factors That Can Increase Capillary Filtration

• Lymphatic Blockage Causes Edema

• Edema Caused by Decreased Kidney Excretion of Salt and Water

• Edema Caused by Decreased Plasma Proteins



## این خروج می تواند به علت:

- به هم خوردن تعادل نیروهای استارلینگ
- افزایش نفوذپذیری دیواره مویرگ (ضریب فیلتراسیون)
- مسدود شدن مسیر لنفاوی: مثلاً بیماری فیلاریا (Filariasis انگل) که باعث فیل پایی میشود. وقتی افراد با پای برهنه در مزارع کار می کردند این انگل وارد پا شده و مسیر لنفاوی را می بندد. در نتیجه پا دچار ادم میشود.

نکته: پروتئین در داخل رگ بیشتر از خارج رگ است. فضای خارج رگ > داخل رگ > داخل سلول

## ● Safety Factor Caused by Low Compliance of the Interstitium in the Negative Pressure Range

### ● Safety factors against edema

- 1- Low compliance of interstitium in negative pressure (3 mmHg)
- 2- increasing of lymph flow up to 10-50 times (7 mmHg)
- 3- wash out of proteins (7 mmHg)

## Fluids in the “Potential Spaces” of the Body

- Fluid Is Exchanged Between the Capillaries and the Potential Spaces
- Lymphatic Vessels Drain Protein from the Potential Spaces
- Edema Fluid in the Potential Spaces Is Called “Effusion”

## موانع ادم

- افزایش جریان لنف (فاکتور اطمینان): وقتی خون خروج مواد از رگ زیاد شود جریان لنف زیاد می شود. افزایش جریان لنف باعث افزایش خروج مایع و کاهش فشار اسمزی مایع بین سلولی میشود. زیرا وقتی جریان زیاد شود پروتئین ها را از فضای بین سلولی شستشو می دهد. (کاهش فشار اسمزی کلونیدی)
- فشار منفی فضای بین سلولی (فاکتور اطمینان): این فشار منفی بافت ها را به هم می چسباند. بنابراین باعث می شود که پذیرش یا کمپلیانس آن کم باشد. یعنی به ازای مقدار کمی مایع اضافه در زیر پوست و خروج از رگ، فشار آن بیشتر افزایش پیدا میکند و این رابطه خطی نیست. یعنی اگر مایع در زیر پوست یک برابر شود، فشار دوبرابر افزایش پیدا میکند. در نتیجه جریان لنف دو برابر افزایش پیدا میکند. (تا صفر به اینصورت است. زیرا فشار منفی بین سلولی برابر ۳ است.)

از منفی ۳ تا صفر کمپلیانس فضای بین سلولی کم است. اما از ۰ که رد شود کمپلیانس افزایش پیدا میکند. یعنی ایجاد ادم در اوایل سخت است اما وقتی فشار به ۰ برسد ادم راحت ایجاد میشود.

## Relationship between ISF pressure and its volume

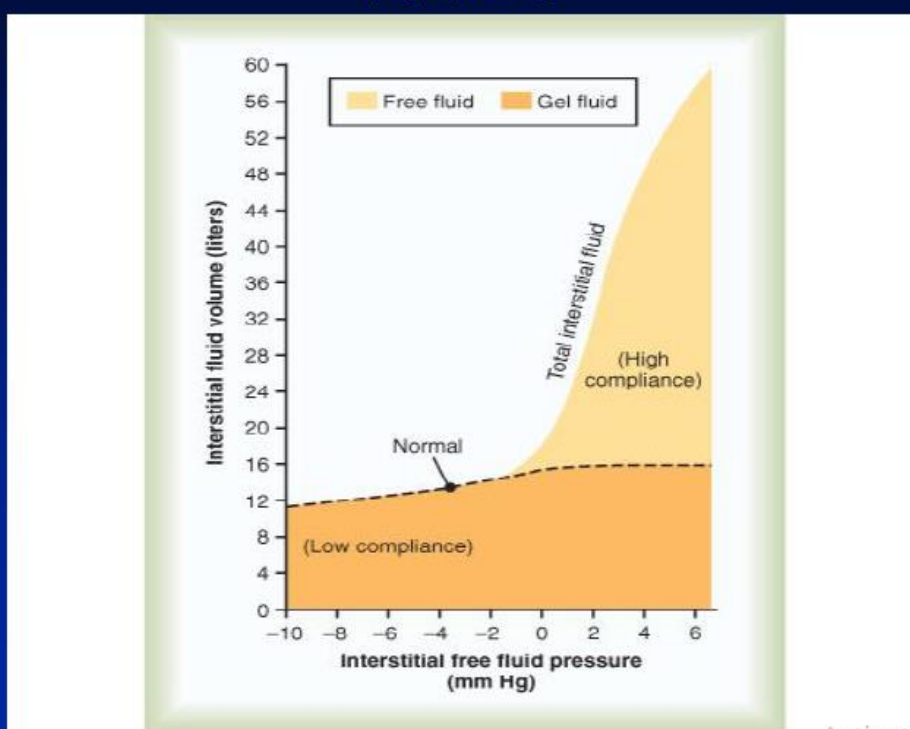


Table 25-1 Daily Intake and Output of Water (ml/day)

Intake or Output	Normal	Prolonged Heavy Exercise
<b>Intake</b>		
Fluids ingested	2100	?
From metabolism	200	200
Total intake	2300	?
<b>Output</b>		
Insensible: skin	350	350
Insensible: lungs	350	650
Sweat	100	5000
Feces	100	100
Urine	1400	500
Total output	2300	6600