

## فهرست مطالب:

.....	مقدمه
.....	فصل ۱: آب، PH و تعادل اسید و باز
.....	فصل ۲: ساختمان اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها
.....	فصل ۳: پروتئین‌های پلاسما
.....	فصل ۴: متابولیسم اسیدهای آمینه
.....	فصل ۵: ساختمان و متابولیسم هم
.....	فصل ۶: آنزیم‌ها
.....	فصل ۷: آنزیم شناسی بالینی
.....	فصل ۸: ساختمان ویتامین‌ها و املاح معدنی
.....	فصل ۹: ساختمان کربوهیدرات‌ها
.....	فصل ۱۰: متابولیسم کربوهیدرات‌ها
.....	فصل ۱۱: بیوانرژی‌تیک و اکسیداسیون بیولوژیک
.....	فصل ۱۲: ساختمان لیپیدها
.....	فصل ۱۳: غشاهای زیستی
.....	فصل ۱۴: متابولیسم لیپیدها
.....	فصل ۱۵: هورمون‌ها و مسیرهای انتقال پیام
.....	فصل ۱۶: ساختمان اسیدهای نوکلئیک
.....	فصل ۱۷: متابولیسم اسیدهای نوکلئیک
.....	فصل ۱۸: بیولوژی مولکولی
.....	فصل ۱۹: بیوشیمی سرطان (تومور مارکرها)
.....	فصل ۲۰: دستگاه‌ها و روش‌های بیوشیمیایی در بیوشیمی بالینی

## فصل اول: آب، PH و تعادل اسید و باز

### نقشه فصل:

ساختمان شیمیایی آب

توزیع آب در بدن

فشار اسمزی

الکترولیت‌های مایعات بدن

- کنترل هورمونی الکترولیت‌ها

آب و حلالیت

- غلظت محلول‌ها

- انواع محلول‌ها

یونیزاسیون آب و مفهوم PH

- مفهوم اسید و باز

- قدرت اسیدی و بازی

- رابطه PH و  $pK_a$

- منحنی تیتراسیون اسیدها و بازهای ضعیف

- عدم تعادل اسید و باز



# فصل ۱

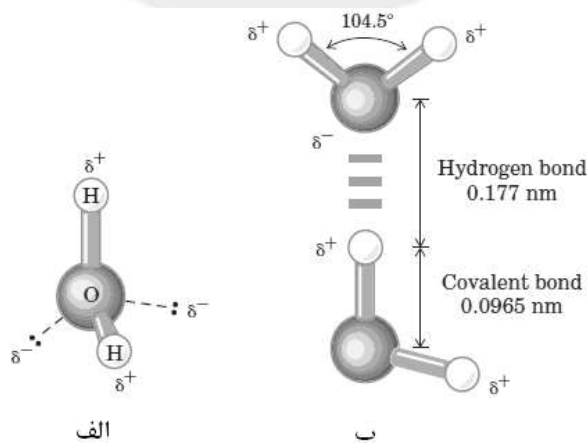
## آب، PH و تعادل اسید و باز

بیومولکول‌های قطبی آلی و غیر آلی در سلول‌های زنده غالباً در یک محیط آبی وجود داشته و واکنش انجام می‌دهند. آب مولکول حائز اهمیت برای حیات است و بیومولکول‌هایی از قبیل اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها را از طریق تشکیل پیوندهای هیدروژنی با گروه‌های عملکردی قطبی این مولکولها، حل کرده و خصوصیات آنها را تغییر می‌دهد. آب دارای نقطه ذوب، نقطه جوش، گرمای تبخیر و ثابت دی‌الکتریک بالایی است.

ساختمان شیمیایی آب (انیمیشن ۱، ۲، ۳، ۱۹، ۲۹، ۳۰)

مولکول آب به صورت یک چهار وجهی نامنظمی است که اکسیژن در مرکز آن قرار دارد. دو پیوند اکسیژن با هیدروژن در دو زاویه این چهار وجهی قرار داشته و الکترونها جفت نشده اوربیتال هیبرید شده  $sp^3$  دو زاویه دیگر این چهاروجهی را اشغال می‌کنند.

- زاویه بین دو اتم هیدروژن ( $104.5^\circ$ ) کمی کمتر از زاویه یک چهار وجهی منظم ( $109.5^\circ$ ) بوده و ساختمان این چهار وجهی تا حدی منحرف و نامنظم می‌شود.



در ساختمان آب هر یک از پیوندهای OH به صورت کووالانسی و با اشتراک گذاری الکترون صورت گرفته است. هسته اکسیژن به علت الکترونگاتیو بودن نسبت به هیدروژن با قدرت بیشتری الکترونها را به سمت خود می‌کشد. در نتیجه یک بار منفی جزئی ( $\delta^-$ ) در ناحیه اتم اکسیژن و یک بار مثبت جزئی ( $\delta^+$ ) در ناحیه اتم اکسیژن شکل می‌گیرد.

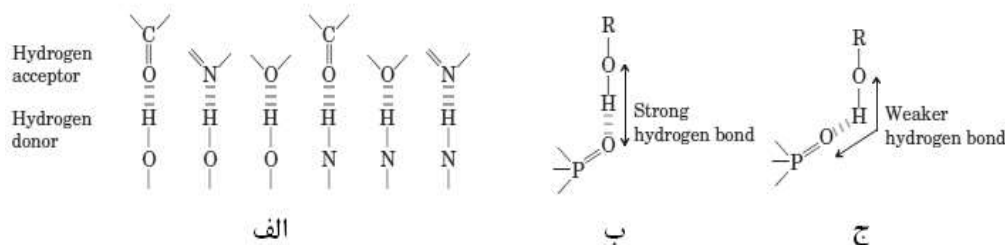
• آب دارای بار خالص نمی‌باشد اما به دلیل داشتن دو ناحیه مثبت و منفی نسبی، یک دوقطبی الکتریکی است.

زمانی که دو مولکول آب در کنار هم قرار می‌گیرند، جاذبه الکترواستاتیکی بین بار جزئی منفی اتم اکسیژن از یک مولکول آب و بار جزئی مثبت اتم اکسیژن در مولکول آب مجاور، باعث توزیع مجدد بارهای الکتریکی روی هر دو مولکول آب می‌شود که در نتیجه یک جاذبه الکترواستاتیکی ایجاد می‌شود که به آن پیوند هیدروژنی (hydrogen bond) می‌گویند.

• پیوند هیدروژنی از پیوند کووالانسی ضعیف تر است و همچنین این پیوند از پیوند کووالانسی بلندتر می‌باشد.

• انرژی مورد نیاز برای شکستن یک پیوند هیدروژنی در محیط آب مایع حدود  $20 \text{ kJ/mol}$  است حال آنکه انرژی مورد نیاز برای یک پیوند کووالانسی (مثلاً C-C) حدود  $348 \text{ kJ/mol}$  است.

مولکول‌های قطبی به واسطه پیوند هیدروژنی که در آب ایجاد می‌کنند، در آب حل می‌شوند. یک پیوند هیدروژنی بین یک گیرنده هیدروژن (hydrogen acceptor) که یک اتم الکترونگاتیو بوده و یک دهنده هیدروژن (hydrogen donor) که یک اتم الکترونگاتیو متصل با پیوند کووالانسی به اتم هیدروژن است، تشکیل می‌شود.



• در حالت جامد هر مولکول آب با چهار مولکول دیگر همراه است و در وضعیت مایع این تعداد قدری کمتر (کمتر از  $3/5$  مولکول) می‌شود.

• تعدد پیوندهای هیدروژنی در آب باعث ایجاد خاصیت چسبندگی آن می‌شود لذا ساختمان ماکرومولکولی آب به ساختمان یخ شباهت دارد.

• اتصالات هیدروژنی به طور دائم در حال تشکیل و شکسته شدن می‌باشند لذا آب دارای خاصیت روان بودن است.

### توزیع آب در بدن (انیمیشن ۴۱)

حدود ۷۰٪ وزن بدن را آب تشکیل می‌دهد که در اثر فرایند پیری در انسان این میزان کم می‌شود. به طور کلی آب در دو بخش توزیع می‌شود:

۱- مایع داخل سلولی یا (Intracellular fluid) ICF:  $\frac{2}{3}$  کل آب بدن در این بخش قرار دارد

۲- مایع خارج سلولی یا (Extracellular fluid) ECF:  $\frac{1}{3}$  باقیمانده از کل آب است که از این مقدار حدود ۷۰٪ آن آب میان بافتی، ۲۵٪ پلاسما و حدود ۵٪ مایع ترانس سلولار است.

• مایع ترانس سلولار شامل مایعات فضای سینوویال، پریکاردی، مفصلی، داخل چشمی و مغزی و نخاعی است.

• میزان آب موجود در بدن با میزان بافت چربی رابطه معکوس و با میزان بافت عضلانی رابطه مستقیم دارد.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

- میزان آب بدن با سن افراد رابطه معکوس دارد به طوری که با افزایش سن میزان آب بدن کاهش می یابد و بیشترین میزان آب در بدن نوزادان است.

### فشار اسمزی (انیمیشن ۱۰، ۱۸، ۲۰، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۷، ۳۵، ۴۰)

یکی از خواص فیزیکی آب است که در اثر انحلال مواد حل شونده در آن تغییر می کند. چنانچه در یک سیستم (مثلاً یک ظرف) یک غشا نیمه تراوا قرار گیرد که به آب نفوذپذیر بوده ولی به مواد حل شده در آب نفوذ ناپذیر باشد، مولکول های آب از قسمت دارای غلظت کم به قسمت دارای غلظت بیشتر حرکت می کنند.

به نیروی لازم برای جلوگیری از این انتقال فشار اسمزی گویند. اندازه گیری این نیرو بر اساس نیروی لازم جهت جلوگیری از حرکت مولکول های آب با استفاده از رابطه وانت هوف محاسبه می شود.

$$\pi = iCRT$$

$\pi$  = فشار اسمزی  $i$  = ضریب وانت هوف  $C$  = غلظت  $R$  = ثابت گازها  $T$  = دمای مطلق

- ضریب وانت هوف معرف مقدار ذرات قابل تجزیه حاصل از یک ماده حل شده است. برای مثال برای NaCl برابر با ۲ است و برای یک ترکیب غیر قابل تجزیه مثل گلوکز و پروتئین ۱ می باشد.

اسمول (osm): واحد فشار اسمزی است که یک اسمول برابر با یک مول از ذرات ماده محلول است.

$$\text{اسمول} = \text{مول} \times n$$

فرمول محاسبه اسمولاریته پلاسما به صورت زیر است:

$$\text{اسمولاریته} = 2[\text{Na}^+] + (\text{گلوکز}/18) + (\text{اوره}/28)$$

مثال: محلول حاوی ۱ مول گلوکز در هر لیتر معادل ۱ osm/lit و محلول حاوی ۱ مول NaCl در هر لیتر معادل ۲ osm/lit است و محلولی محتوی یک مول از مولکولی مانند سولفات سدیم که به سه یون تجزیه می شود محتوی سه اسمول در لیتر خواهد بود.

اسمولالیته: تعداد اسمول در یک لیتر است. حاصل ضرب غلظت مولی ماده در تعداد ذرات قابل تفکیک (یا همان ضریب وانت هوف) است.

$$n \times \text{مولاریته} = \text{اسمولالیته}$$

- برای نشان دادن فعالیت اسمزی ترکیبات حل شده در مایعات بدن از واحد میلی اسمول (mosm) که ۰/۰۰۱ اسمول است استفاده می شود.

اسمولالیته طبیعی پلاسما در حدود ۳۰۰ میلی اسمول در لیتر است.

- اگر بیان غلظت بر اساس کیلوگرم آب (osm/Kg) باشد به آن اسمولالیته گویند.

محدود نرمال اسمولالیته پلاسما چند میلی اسمول در کیلوگرم است؟ (تغذیه ۹۲-۹۱)

الف) ۱۰۰-۱۲۰ (ب) ۱۷۵-۲۰۰ (ج) ۲۰۰-۲۲۰ (د) ۲۷۵-۳۰۰

گزینه د صحیح است.

محلول ایزوتونیک: محلول های دارای اسمولاریته برابر با سلول ← عدم انتقال آب

محلول هیپرتونیک: محلول های دارای اسمولاریته بیشتر از سلول ← خروج آب از سلول ← چروکیدگی سلول

محلول هیپوتونیک: محلول های دارای اسمولاریته کمتر از سلول ← ورود آب به سلول ← تورم سلول

• باید به این نکته توجه کنیم علاوه بر فشار اسمزی فشار هیدروستاتیک و فشار انکوتیک نیز مطرح می‌باشد که در ادامه به تعریفشان می‌پردازیم.

- فشار هیدروستاتیک فشاری است که توسط عمل قلب تامین می‌شود و خون را از مویرگ‌ها به فضای میان بافتی می‌فرستد
- فشار انکوتیک که فشار حاصل از پروتئین‌های خون به ویژه آلبومین می‌باشد.

۱۲ فشار انکوتیک پلازما عمدتاً توسط کدام مولکول زیر ایجاد می‌شود؟ (ارشد بیوشیمی ۸۴-۸۵)

- الف) سدیم      ب) آلبومین      ج) هموگلوبین      د) بیکربنات
- گزینه صحیح گزینه ب است. همان طور که قبلاً اشاره شده است سدیم نقش اساسی در ایجاد فشار اسمزی دارد.

### الکترولیت‌های مایعات بدن (انیمیشن ۳۹)

عامل اصلی تنظیم حجم آب در داخل و خارج سلول، فشار اسمزی است که این فشار از طریق انواع الکترولیت‌ها و ترکیبات آلی دیگر با وزن مولکولی بالا صورت می‌گیرد. الکترولیت‌های مایعات بدن شامل کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌باشند.

کاتیون‌ها شامل:  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Mg}^{2+}$

و آنیون‌ها شامل:  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{HCO}_3^-$ ،  $\text{HPO}_4^-$ ،  $\text{SO}_4^-$ ، پروتئین‌ها و آنیون‌های آلی است.

در مایع خارج سلولی (شامل پلازما و مایع بینابینی) ایجاد فشار اسمزی برعهده یونهای  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{HCO}_3^-$  و  $\text{Ca}^{2+}$  است که در میان این الکترولیت‌ها سدیم مهمترین عامل در حفظ فشار اسموتیک است.

در مایع داخل سلولی یونهای  $\text{K}^+$  و  $\text{Mg}^{2+}$ ، پروتئین‌ها و فسفات‌ها نقش اصلی در ایجاد فشار اسمزی دارند.

در مایع داخل سلولی مقدار کمی سدیم و کلر و مقدار بسیار ناچیزی کلسیم وجود دارد.

$\frac{2}{3}$  پتاسیم موجود در داخل مایع سلولی متصل به پروتئین است.

غلظت الکترولیت‌ها را به طور معمول بر حسب میلی اکی والان در لیتر بیان می‌کنند.

### شکاف آنیونی (Anion gap)

تعداد آنیون‌ها و کاتیون‌ها پلازما با هم برابر هستند. تفاوت غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های قابل اندازه‌گیری پلازما را شکاف آنیونی گویند.

$$\text{Anion gap} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$$

کاهش گپ آنیونی در موارد زیر مشاهده می‌شود:

کاهش پروتئین مانند هیپوآلبومینمی یا افزایش پروتئین‌هایی که بار منفی دارند مثلاً در هیپرگاماگلوبونمی. کاهش گپ آنیونی همچنین می‌تواند به علت افزایش کاتیون‌هایی مانند  $\text{K}^+$ ،  $\text{Ca}^{2+}$ ،  $\text{Mg}^{2+}$  رخ دهد.

افزایش گپ آنیونی در موارد زیر مشاهده می‌شود:

افزایش اسیدهای آلی نظیر بتا‌هیدروکسی بوتیریک اسید، استواستیک اسید در کتواسیدوز دیابتی، افزایش اسید لاکتیک در اسیدوز اسید لاکتیک، افزایش فسفات و سولفات در بیماری‌های کلیوی افزایش سالیفات اکسالات یا متابولیت‌های اسیدی مثل فرمات اکسالات

۱۳ به توجه به یافت‌های زیر  $\text{anion} - \text{gap}$  را محاسبه نماید. (تغذیه ۸۲-۸۱)

$\text{Na} = 132 \text{ mmol/l}$ ,  $\text{Cl} = 90 \text{ mmol/l}$ ,  $\text{HCO}_3^- = 22 \text{ mmol/l}$

الف)  $12 \text{ mmol/l}$       ب)  $20 \text{ mmol/l}$       ج)  $64 \text{ mmol/l}$       د) با اطلاعات فوق قابل محاسبه نمی‌باشد.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

گزینه ب صحیح است. (132-(90+22)=20)

بیماری شصت ساله با تهوع و استفراغ در بیمارستان پذیرش شده است. با توجه به نتایج آزمایشات زیر مقدار آنیون گپ چقدر است؟  
(دکتری بیوشیمی ۹۲-۹۱)

Na= 132meq/lit Cl=104 meq/lit K=5 meq/lit HCO<sub>3</sub>=16 meq/lit Glucose=180mg/dL BUN=56 mg/dL  
۳۷(د) ۱۷(ج) ۱۳/۷(ب) ۱۲(الف)

کافیست اعداد را در فرمول زیر جایگذاری کنیم پاسخ صحیح گزینه ج می باشد.

$$\text{Anion gap} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$$

در حالت طبیعی تنظیم اسمولاریته خون و تعادل جذب و دفع انجام می گیرد که شامل تنظیم ورود و خروج آب است که به وسیله حس تشنگی از یک طرف و کنترل هورمونی الکترولیت ها از طرف دیگر صورت می پذیرد.

کنترل هورمونی الکترولیت ها (انیمیشن ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۶، ۶۳، ۶۵)

کلیه ها نقش اصلی در تنظیم آب بدن را دارند. دفع اعظم آب بدن از طریق کلیه ها صورت می گیرد که تنظیم فعالیت آن منجر به تنظیم آب بدن می شود. در جدول زیر هورمون های موثر بر کلیه و چگونگی اثر آن ذکر شده است:

نام هورمون	جایگاه اثر	تأثیرات حاصله
آلدوسترون	لوله های جمع کننده انتهایی ادرار کلیه	↑ باز جذب آب، ↑ باز جذب سدیم، ↑ ترشح پتاسیم
هورمون ضد ادراری	لوله های جمع کننده انتهایی ادرار کلیه	↑ باز جذب آب
آنژیوتانسین	لوله های جمع کننده ابتدایی ادرار کلیه	↑ باز جذب آب، ↑ باز جذب سدیم، ↑ ترشح یون هیدروژن
ANF	لوله های جمع کننده ادرار انتهایی کلیه	↓ باز جذب سدیم، ↑ باز جذب آب
هورمون پاراتیروئید	لوله های جمع کننده انتهایی ادرار کلیه، لوله های جمع کننده ابتدایی ادرار کلیه و قوس هنله	↑ باز جذب کلسیم، ↓ باز جذب یون فسفات

- آلدوسترون عمل خود را با فعال کردن پمپ Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>ATPase انجام می دهد.
- کاهش فشار خون موجب ترشح رنین می شود که این آنزیم با تجزیه یک پیوند پپتیدی بین دو ریشه لوسین در انتهای کربوکسیل آنژیوتانسینوزن باعث تبدیل آنژیوتانسینوزن I به آنژیوتانسین I می شود. آنژیوتانسین I یک دکا پپتید است که توسط آنزیم مبدل آنژیوتانسین (ACE) به آنژیوتانسین II فعال تبدیل می شود که این تبدیل با حذف اسید آمینه های هیستیدین و لوسین از انتهای آمینو پپتید اولیه (تجزیه پیوند بین فنیل آلانین و هیستیدین) صورت می گیرد.
- آنژیوتانسین II باعث تحریک ترشح آلدوسترون و همچنین افزایش فشار خون (منقبض کننده شریانچه ها) و همچنین افزایش فعالیت پمپ Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>ATPase کلیه می گردد. ترشح آلدوسترون همچنین توسط هیپرکالمی (افزایش پتاسیم خون) و هیپوناترمی (کاهش سدیم خون) نیز کنترل می شود.
- آنژیوتانسین II همان طور که اشاره شد یک منقبض کننده عروقی است و توسط NO تولیدی توسط NOSIII (نیتریک اکساید III) مهار می شود.
- آنژیوتانسین III هپتاپپتیدی است که حاصل حذف یک اسید آمینه از انتهای آمینو پپتیداز می باشد.
- هورمون ضد ادراری (ADH) یا وازوپرسین با تاثیر روی لوله های جمع کننده انتهایی ادرار کلیه (distal tubule) از طریق گیرنده v2 و با افزایش منافذ غشایی (آکواپورین ۲) منجر به افزایش باز جذب آب می گردد. مولکول آب قطبی است ولی عبور آن از سد غشا سلولی به سادگی و با سرعت بالا ممکن می باشد. علت این امر وجود آکواپورین هاست. آکواپورین (AQP) ها منافذ ریزی در غشاء سلول ها هستند که توسط پروتئین های داخل غشایی ایجاد می شوند. انواع آکواپورین ها عبارتند از: ۱) AQP-1 در توبول پروگزیمال کلیه، چشم (ترشح

مایع زلالیه در چشم) و سیستم عصبی مرکزی. ۲) AQP-2 در مجرای جمع‌کننده کلیوی (نقص در دیابت بی مزه کلیوی). ۳) AQP-3 در مجرای جمع‌کننده کلیه. ۴) AQP-4 در سیستم عصبی مرکزی (تنظیم‌کننده ادم مغزی). ۵) AQP-5 در غدد بزاقی، اشکی و ریه.

کدام نوع از آکواپورین‌ها در هیپوناتلاموس وجود دارد و به عنوان حسگر اسمولاریته عمل می‌کند؟ (دکتری بیوشیمی ۹۷-۹۸)

الف) AQP<sub>1</sub>      ب) AQP<sub>3</sub>      ج) AQP<sub>4</sub>      د) AQP<sub>9</sub>

گزینه ج صحیح است.

- در مقابل دیابت بی مزه کلیوی دیابت بی مزه نفروژنیک را داریم که ناشی از عدم تولید ADH است.
- افزایش اسمولاریته و کاهش فشار و حجم خون منجر به افزایش ADH می‌شود.
- پپتید دهلیزی دفع‌کننده سدیم (atrial natriuretic peptide: ANF): یک پپتید ۱۵۲ اسید آمینه‌ای بوده که در اثر افزایش حجم خون از سلول‌های دهلیز قلب ترشح شده و منجر به کاهش فشار خون، افزایش دفع آب، افزایش دفع سدیم و پتاسیم و همچنین کاهش ترشح رنین و آلدسترون می‌گردد.

افزایش حجم خون موجب تحریک ترشح کدامیک از هورمون‌های زیر می‌گردد؟ (دکتری بیوشیمی ۹۶-۹۷)

الف) ANF      ب) Renin      ج) Aldosterone      د) Antidiuretic Hormone (هورمون ضد ادراری)

گزینه الف صحیح است.

تنظیم‌کننده اصلی ترشح arginine vasopressin (AVP) کدام مورد است؟ (دکتری بیوشیمی ۹۶-۹۷)

الف) فشار خون بالا      ب) کاتکول آمین‌ها      ج) اسمولالیته خون      د) گلوکوکورتیکوئیدها

گزینه ج صحیح است.

### اختلالات ناشی از متابولیسم آب و الکترولیت‌ها

اختلال در دفع آب و الکترولیت‌ها به صورت اختلال هورمونی یا غیرهورمونی بروز می‌کند که ما در این قسمت اختلالات مربوط به هورمون‌ها را بررسی می‌کنیم.

- بیماری آدیسون: غلظت آلدوسترون به علت کم کاری غدد فوق کلیه پایین است و در نتیجه باز جذب سدیم و آب پایین و بازجذب پتاسیم بالا می‌باشد. در این بیماری ACTH که محرک تولید هورمون‌های کورتکس غدد فوق کلیه به علت پایین بودن میزان آلدوسترون بالاست و غده هیپوفیز با افزایش این هورمون و مکانسیم فیدبکی در جهت تولید آلدوسترون است اما به علت کم کاری غده فوق کلیه این امر موثر نیست. در بیماری آدیسون هایپرپیگمنتاسیون وجود دارد.
- بیماری کن نوعی هیپرآلدوسترونیسم اولیه است که در آن میزان رنین پایین است.
- هیپرآلدوسترونیسم ثانویه حاصل ضایعات کلیوی و افزایش رنین است.
- هیپوکالمی (کاهش پتاسیم خون) و آلکالوز متابولیک در ترشح بیش از حد آلدوسترون مشاهده می‌شود (به دلیل نقش آلدوسترون در کاهش جذب پتاسیم و  $H^+$ )

### آب و حلالیت (انیمیشن ۲۲، ۳۳، ۳۴)

آب یک حلال قطبی بسیار مناسب می‌باشد که اکثر مولکول‌های زیستی باردار را به آسانی در خود حل می‌کند.

- ترکیبی که در آب حل می‌شود را آب دوست (hydrophilic) گویند و ترکیباتی که در آب قادر به حل شدن نبوده و در حلال‌های غیرقطبی حل می‌شوند را آبگریز (hydrophobic) می‌نامند.
- ترکیباتی که هم دارای بخش قطبی و هم بخش غیرقطبی هستند اصطلاحاً آمفی پاتیک (amphipathic) خوانده می‌شوند.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک فیفا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



ناحیه قطبی این مولکول ها در مجاورت آب و ناحیه غیرقطبی دور از آب قرار می گیرند که موضع گیری این مولکول ها حیات را شکل داده است. برای مثال قرار گیری اسیدهای چرب و مولکول های فسفولیپید در آب به ترتیب ساختارهای میسل و دو لایه ای غشا سلول را ایجاد می کند.

- نیروهایی که باعث می شود قسمت های غیر قطبی مولکول های آبگریز در کنار هم قرار گیرند برهم کنش های آب گریز (hydrophobic interactions) نامیده می شود.

### غلظت محلول ها (Concentration of Solutions) (انیمیشن ۱۳، ۳۶، ۵۵)

- مایع یکنواخت حاصل از حل شدن یک جسم حل شونده (مایع، جامد، گاز) در یک حلال را محلول (Solutions) گویند.
- مقدار یا تعداد مولکول گرم از جسم حل شونده در محلول را غلظت (Concentration) آن جسم می گویند.
- هرگاه غلظت جسم حل شونده در محلول کم باشد، محلول را رقیق می نامند و چنانچه محلول دارای مقدار کافی از جسم حل شونده باشد، به طوری که در حجم و فشار معین بیش از این مقدار در محلول حل نشود، آن را محلول اشباع شده (Saturated Solution) گویند.
- محلول فوق اشباع (Super Saturation) محلولی است که میزان جسم حل شونده در آن بیش از مقدار لازم برای اشباع شدن است.

### انواع محلول ها

۱- محلول های نرمال: محلول های نرمال، محلول هایی هستند که در هر لیتر آنها یک اکی والان گرم (ظرفیت جسم / وزن مولکولی جسم) از جسم حل شونده موجود است. محلول یک نرمال اسید کلریدریک (HCl) برابر با  $\frac{36.5}{1}$  گرم و محلول یک نرمال اسید سولفوریک ( $H_2SO_4$ )  $\frac{98}{2}$  گرم اسید در هر لیتر دارد. محلول های 2N، 3N،  $\frac{N}{10}$  و  $\frac{N}{2}$  به ترتیب ۲ برابر، ۳ برابر، یک دهم برابر و نصف مقدار اکی والان گرم (ظرفیت / وزن مولکولی) از آن ماده را در هر لیتر دارد.

N نشان دهنده نرمالیت است.

$$E = \frac{M}{n}$$

در این فرمول، E: وزن اکی والان، M: وزن مولکولی و n: تعداد هیدروژن یا گروه هیدروکسیل در یک اسید یا باز قوی است. برای ساختن نرمال های ضعیف از محلول های قوی تر، از فرمول زیر استفاده می شود:

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$N_1$  و  $V_1$  به ترتیب نرمالیت و حجم محلول اولیه و  $N_2$  و  $V_2$  نرمالیت و حجم محلول ثانویه است.

مثال: چند میلی لیتر از محلول 2N اسید کلریدریک برای ساختن 500 ml از محلول 0.1 نرمال همان اسید لازم است؟

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$2 \times V_1 = 1/10 \times 500$$

$$V_1 = 500/2 = 250 \text{ ml}$$

محلول های نرمال را محلول های اکی والان نیز می گویند چون حجم های مساوی یک محلول نرمال اسید و باز همدیگر را خنثی می کنند.

اگر مقدار جسم حل شده بر حسب میلی گرم در لیتر باشد این محلول ها را، محلول های میلی اکی والان در لیتر می نامند (mEq / L).

مثلاً برای اسید کلریدریک:

$$1 \text{ Eq} = 36.5 / L$$

$$1 \text{ mEq} = 36.5 \times 10^{-3} / L$$

$$1000 \text{ mEq} = 1 \text{ Eq}$$

اگر مقادیر فوق در یک لیتر حلال باشد آنها را  $\text{Eq/L}$  و یا  $\text{mEq/L}$  می‌نامند. بنابراین

$$1000 \text{ mEq/L} = 1 \text{ Eq/L}$$

۲- **محلولهای مولار:** محلول‌هایی هستند که در هر لیتر آنها یک مولکول گرم (مول) از جسم حل شونده وجود دارد (یک مول برابر با  $10^{23}$   $6.022 \times 10^{23}$  مولکول از یک جسم است). مثلاً برای ساختن محلول یک مولار NaOH مقدار ۴۰ گرم از آنرا برداشته و در مقدار کمی آب حل نموده سپس حجم کل را به یک لیتر می‌رسانند. همچنین برای اسید سولفوریک ۹۸ گرم و اسید کلریدریک ۳۶/۵ گرم لازم است.

• مولکول‌های یک ظرفیتی، دارای محلول‌های نرمال و مولار برابر هستند ولی مولکول‌های سه ظرفیتی مانند  $\text{H}_3\text{PO}_4$  و دو ظرفیتی مثل  $\text{H}_2\text{SO}_4$  محلول‌های مولارشان به ترتیب سه و دو برابر از محلول‌های نرمالشان قوی‌ترند.  
محلولهای مولار را با M نشان می‌دهند.

۳- **محلول‌های مولار:** محلول‌هایی هستند که در هر هزار گرم آنها یک مولکول گرم از جسم حل شونده وجود دارد یا به عبارت ساده تر، تعداد مول (مولکول گرم) جسم حل شونده در کیلوگرم حلال را مولالیته گویند.

• اگر حلال آب باشد، مولالیته و مولالیته با هم برابرند.

برای نشان دادن مولالیته حرف m را بکار می‌برند و برای محاسبه آن می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$m = \frac{\text{گرم مولکول}}{\text{کیلوگرم حلال}}$$

### محلول‌های درصد

این محلول‌ها به شکل زیر ساخته می‌شوند:

۱- **محلول‌های درصد وزنی یا وزن در وزن (W/W):** این محلول‌ها شامل گرم یا میلی‌گرم از جسم حل شونده هستند، در حالی که وزن کل محلول ۱۰۰ گرم است.

مثلاً محلول ۸ درصد قند، حاوی ۸ گرم قند در ۱۰۰ گرم وزن نهایی محلول است.

۲- **محلول‌های درصد وزنی/حجمی یا وزن در حجم (W/V):** این محلول‌ها دارای گرم یا میلی‌گرم از جسم حل شونده‌اند، در حالی که حجم کل محلول ۱۰۰ میلی‌لیتر است. مانند محلول ۲۰ درصد قند که ۲۰ گرم قند در حجم نهایی صد میلی‌لیتر محلول می‌باشد.

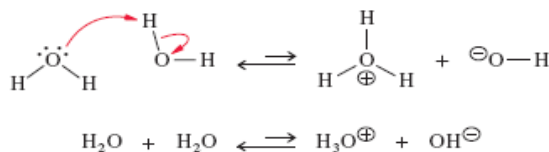
۳- **محلول‌های درصد حجمی یا حجم در حجم (V/V):** این محلول‌ها شامل حجم ماده حل شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول نهایی هستند. مثلاً محلول حاصل از حل شدن ۳۰ میلی‌لیتر از یک مایع در ۷۰ میلی‌لیتر حلال را محلول حجمی ۳۰ درصد گویند.

• منظور از وزن نهایی یا حجم نهایی محلول این است که مقدار جسم حل شونده را در مقداری حلال حل می‌کنیم و سپس وزن نهایی یا حجم نهایی محلول را به ۱۰۰ میلی‌گرم یا گرم یا میلی‌لیتر برسانیم

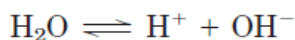
### یونیزاسیون آب و مفهوم pH (انیمیشن ۱۷، ۲۸، ۳۱، ۵۰)

یونیزه شدن آب کم بوده و آنرا می‌توان به صورت انتقال پروتون بین مولکولی در نظر گرفت، طوری که یون هیدرونیوم ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) و یون هیدروکسید (OH) تشکیل می‌شود:

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک «فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



فرمول تجزیه آب به صورت زیر نشان داده می‌شود:



این واکنش با یک ثابت تعادل (equilibrium constant) انجام می‌شود که با علامت K آنرا مشخص می‌کنند. این ثابت تعادل ثابت یونیزاسیون (ionization constant) نیز خوانده می‌شود. عبارات داخل کروشه نشان دهنده غلظت مولی یون های هیدروژن ، هیدروکسیل و مولکولهای تجزیه نشده آب است.

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

برای محاسبه ثابت یونیزاسیون آب باید به خاطر داشت که یک مول آب ۱۸ گرم وزن دارد، در نتیجه یک لیتر (۱۰۰۰ گرم) آب دارای  $\frac{1000}{18} = 55.56$  مول است. بنابراین آب خالص ۵۵/۵۶ مولار است. از آنجا که احتمال وجود هیدروژن به صورت یون  $\text{H}^+$  در آب خالص برابر  $10^{-9}$  می‌باشد ، برای محاسبه غلظت مولی یون  $\text{H}^+$  (یا یون  $\text{OH}^-$ ) در آب خالص باید احتمال  $10^{-9}$  را در غلظت مولی آب یعنی ۵۵/۵۶ mol/L ضرب کرد. حاصل این ضرب  $10^{-9} \times 55.56$  mol/L است. بنابراین ضریب K برای آب به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{[10^{-7}][10^{-7}]}{55.56} \\ = 0.018 \times 10^{-14} = 1.8 \times 10^{-16} \text{ mol/l}$$

غلظت بالای مولکولی آب (۵۵/۵۶ mol/L) با یونیزاسیون آن به طور قابل توجهی تغییر نمی‌کند. بنابراین می‌توان برای سهولت امر این غلظت را ثابت در نظر گرفت. حال می‌توان این عدد ثابت را با ضریب ثابت یونیزاسیون با ضریب ثابت جدیدی ( $K_w$ ) به دست آورد که حاصل ضرب یونی آب (ion product of water) نامیده می‌شود. رابطه بین  $K_w$  و K به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1.8 \times 10^{-16} \text{ mol/L} \\ K_w = (K)[\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \\ = (1.8 \times 10^{-16} \text{ mol/L}) (55.56 \text{ mol/L}) \\ = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$$

واحدهای K مول بر لیتر و  $K_w$  مجذور مول بر لیتر است.

از آنجا که غلظت  $[\text{H}^+]$  و  $[\text{OH}^-]$  با هم برابر است، لذا می‌توان نوشت که:

$$1.8 \times 10^{-16} \times 55.56 = 1 \times 10^{-14} = [\text{H}^+]^2 \\ [\text{H}^+]^2 = 10^{-14} \\ [\text{H}^+] = 10^{-7}$$

چون بیان غلظت‌های مختلف  $[\text{H}^+]$  با اعداد توان دار مثل  $10^{-7}$  و غیره مشکل است سورنسن با استفاده از لگاریتم ، غلظت هیدروژن را از طریق دیگری محاسبه نمود و آنرا pH (Puissant de Hydrogen) خواند. با تعریف او pH عبارتست از:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

PH یک محلول اسید استیک ۰/۰۱ مولار برابر است با: (تغذیه ۸۲-۸۱)

الف) ۱      ب) ۱/۵      ج) ۱/۸      د) ۲

گزینه د صحیح است.

با استفاده از فرمول بالا pH آب خالص عبارت خواهد بود از :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log [10^{-7}] = 7$$

از طرفی می توان غلظت OH را نیز بصورت pOH محاسبه کرد که عبارتست از:

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

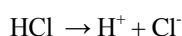
چون غلظت  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  می باشد پس pOH نیز برابر با ۷ خواهد بود. پس خواهیم داشت:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

چون غلظت  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  می باشد پس pOH نیز برابر با ۷ خواهد بود و از آنجا

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

مثال: pH محلول 0.1 M اسید کلریدریک چقدر است؟



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 10^{-1} = 1$$

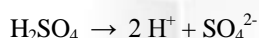
مثال: pH محلول 0.1 M سود را حساب کنید.



$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 10^{-1} = 1$$

$$\text{pH} = 14 - 1 = 13$$

مثال: pH محلول 0.1M اسید سولفوریک را محاسبه نمایید.



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log [2 \times 0.1] = -\log [2 \times 10^{-1}] = -\log [2 \times 10^{-1}] = 0.7$$

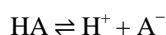
**مفهوم اسید و باز (انیمیشن ۵، ۶، ۸، ۱۱، ۵۲)**

برای اسیدها و بازها تعاریف مختلفی وجود دارد. برونشتد (Bronsted) تعریف بسیار جامعی را برای اسیدها و بازها ارائه کرد که امروزه در علم بیوشیمی از آن استفاده می شود. بر طبق فرضیه برونشتد، اسیدها موادی هستند که یون هیدروژن ( $\text{H}^+$ ) یا پروتون آزاد می سازند و بازها موادی هستند که پروتون را دریافت می کنند.

**قدرت اسیدی و بازی (انیمیشن ۷، ۳۲، ۳۷، ۳۸)**

- هر اسیدی که تمایل بیشتری به آزاد کردن پروتون دارد را اسید قوی و هر بازی که دارای تمایل بالا برای گرفتن پروتون است را باز قوی گویند.
- اسیدی که تمایل کمتری به آزاد سازی پروتون داشته باشد را اسید ضعیف و هر بازی که دارای تمایل کم برای دریافت پروتون است را باز ضعیف می گویند.

اگر برای مثال یک واکنش اسیدی را به صورت زیر در نظر بگیریم:



ثابت تجزیه برای این اسید برابر است با:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک «فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

اسیدها و بازهای قوی، در محلول‌های آبی تقریباً صد در صد یونیزه شده و دارای ثابت تفکیک بزرگتر از یک می باشند.

- هر چه مقدار  $K_a$  بیشتر باشد موید غلظت بیشتر یون هیدروژن است و در نتیجه اسید مربوطه قوی تر است.
- اسیدها و بازهای ضعیف، در محلول‌های آبی، به مقدار بسیار کمی یونیزه شده و دارای ثابت تفکیک کوچک تر از یک هستند.
- در مواردی که ترکیبات به طور کامل تفکیک می‌شوند  $K_a$  را نمی‌توان تعیین نمود زیرا که در معادله ترکیب تفکیک نشده‌ای باقی نمی‌ماند (منظور از ترکیب تفکیک نشده HA است که در مخرج معادله ثابت تجزیه قرار دارد).
- مقدار تفکیک یک اسید با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد.
- آنیون‌هایی که از تفکیک تقریباً کامل اسیدهای قوی بوجود می‌آیند مانند  $Cl^-$  حاصل از HCL به دلیل اینکه با پروتئین‌های موجود در محلول واکنش نمی‌دهند باز محسوب نمی‌شوند.

برای سهولت کار و محاسبات درباره اسید و بازهای ضعیف  $K_a$  را به صورت  $pK_a$  بیان می‌کنند که عبارت است از :

$$pK_a = -\log K_a$$

هر چه تمایل به تفکیک پروتون یک اسید بیشتر باشد اسید قوی‌تر،  $K_a$  بزرگتر و  $pK_a$  کوچکتر خواهد بود و هر چه تمایل به تفکیک پروتون یک اسید کمتر باشد اسید ضعیف‌تر،  $K_a$  کوچک‌تر و  $pK_a$  بزرگ‌تر می‌باشد.

رابطه pH و  $pK_a$  از آنجایی که

$$-\log K_a = pK_a \quad \text{و} \quad -\log [H^+] = pH$$

می‌باشد پس در معادله  $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$  می‌توان داشت

$$-\log [H^+] = -\log K_a - \log ([A^-]/[HA])$$

می‌توان نوشت

$$pH = pK_a + \log ([A^-]/[HA])$$

این معادله به معادله هندرسون و هاسلباخ (Henderson - Hasselbalch) معروف است که این معادله را به شکل بهتر می‌توان نوشت

$$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$$

برای اسیدهای ضعیف علاوه بر معادله سورنسن از معادله هندرسون و هاسلباخ نیز می‌توان برای محاسبه pH استفاده کرد.

با استفاده از معادله هندرسون و هاسلباخ وضعیت یونیزاسیون یک اسید ضعیف را می‌توان بر اساس  $pK_a$  آن و PH محیط به ۳ دسته اصلی تقسیم کرد:

(۱) در مقادیر pH کمتر از  $pK_a$  اسید ضعیف بیشتر به حالت غیر یونیزه می‌باشد:

$$pH < pK_a \longrightarrow [HA] \gg [A^-]$$

(۲) در مقادیر pH برابر با  $pK_a$  غلظت اشکال یونیزه و غیر یونیزه اسید ضعیف برابر می‌باشد:

$$[A^-] = [HA] \longrightarrow pK_a = pH$$

(۳) در مقادیر pH بیشتر از  $pK_a$  اسید ضعیف بیشتر به حالت یونیزه می‌باشد:

$$[A^-] > [HA] \longrightarrow pK_a < pH$$

۱۵ اگر در یک محلول تامپون غلظت نمک صد برابر غلظت اسید باشد؟ (تغذیه ۸۴) (انیمیشن ۵۳، ۵۴)

الف) pH با pk برابر است. ب) pH دو واحد بیشتر از Pk است.

ج) pH دو واحد کمتر از pK است. (د) PH دو برابر pK است. گزینه ب صحیح است.

$$pH = pK_a + \log 100$$

$$pH = pK_a + 2$$

۱۱ pH محلول تامپونی با غلظت نمک ۰/۱ مولار و غلظت اسید ۰/۰۱ مولار چقدر است؟ (pK=۴/۹)

الف) ۶/۹      ب) ۷/۹      ج) ۲/۹      د) ۵/۹

گزینه الف صحیح است.

$$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{0.1}{0.001} = pH = pK_a + \log 100$$

$$pH = pK_a + 2$$

$$pH = 4.9 + 2 = 6.9$$

۱۲ برای تهیه نیم لیتر بافر استات ۰/۲ مولار PH برابر ۴/۷، چه مقدار اسید استیک و استات سدیم نیاز است؟ (PKa=۴/۷) اسید، وزن

مولکولی اسید استیک = ۶۰ و وزن مولکولی استات سدیم = ۸۲) (تغذیه ۹۱-۹۰)

الف) ۳ گرم اسید ۳ گرم نمک      ب) ۴/۱ گرم اسید ۴/۱ گرم نمک

ج) ۳ گرم اسید ۴/۱ گرم نمک      د) ۶ گرم اسید ۸/۲ گرم نمک

گزینه ج صحیح است. (چون pH و pKa بافر مورد نظر یکی است پس میزان نمک و اسید باید برابر باشد. برای نیم لیتر استات سدیم ۰/۲ مولار، ۴/۱ نمک و برای نیم لیتر استات ۰/۲ مولار، ۳ گرم ماده لازم است)

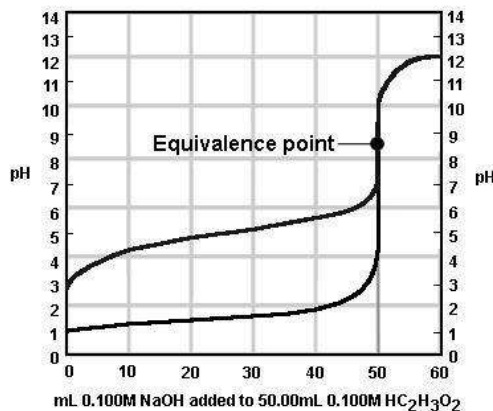
منحنی تیتراسیون اسیدها و بازهای ضعیف (انیمیشن ۹، ۱۲)

• غلظت یک اسید و یا باز نامشخص به کمک یک محلول استاندارد باز و یا اسید تعیین می‌شود که این عمل را تیتراسیون گویند.

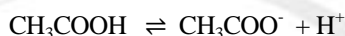
در طی عمل تیتراسیون، تغییرات pH به وسیله دستگاه pH متر اندازه‌گیری می‌شود و با قرار دادن مقدار باز یا اسید مصرفی در محور افقی، منحنی تیتراسیون به دست می‌آید.

منحنی‌های تیتراسیون یک اسید قوی (HCl) و اسید ضعیف (CH<sub>3</sub>COOH) نشان داده شده است. غلظت هر یک از اسیدها برابر ۰/۱ مولار است و هر کدام به وسیله یک محلول ۰/۱ مولار سود تیتر شده اند.

منحنی به دست آمده برای اسید کلریدریک یک منحنی خطی است که با افزودن سود ۰/۱ M به تدریج بر میزان pH اضافه می‌شود تا اینکه تمام محلول اسید خنثی شود (منحنی پایین). اما وقتی اسید استیک همانند محلول اسید کلریدریک تیتر شود، منحنی مربوط خطی نبوده بلکه به صورت S شکل می‌باشد. این منحنی هنگامی که ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی لیتر محلول سود اضافه شود، تقریباً به شکل خط مستقیم در می‌آید (منحنی بالا).



در تیتراسیون اسیداستیک با سود دو واکنش تعادلی قابل برگشت انجام می شود:



این تعادلات باید به طور همزمان به ثابت های تعادلی مشخص خود برسند که به ترتیب برابرند با :

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ M}^2$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1.74 \times 10^{-5} \text{ M}$$

در شروع تیتراسیون، قبل از افزودن NaOH، اسید استیک به میزان مختصر یونیزه می باشد که میزان آن را می توان از از ثابت تفکیک مربوطه محاسبه نمود.

با افزودن تدریجی NaOH،  $\text{OH}^-$  اضافه شده با  $\text{H}^+$  آزاد ترکیب شده و تولید  $\text{H}_2\text{O}$  می نماید، میزان این ترکیب در حدی است که ارتباط تعادلی در معادله  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ M}^2$  را تضمین کند. با برداشت  $\text{H}^+$ ، میزان بیشتری از اسید استیک یونیزه شده تا به ثابت تعادل خود برسد. با افزودن مقادیر بیشتر NaOH در طی فرایند تیتراسیون، نتیجه به صورت یونیزاسیون بیشتر و بیشتر اسید استیک و تولید استات می باشد. در نقطه میانی تیتراسیون در حالتی که ۵۰٪ اکی والان NaOH افزوده شده است، نیمی از اسید استیک ابتدایی یونیزه شده و بنابراین حالا غلظت اسید استیک برابر غلظت استات می باشد. در این نقطه میانی، یک ارتباط بسیار مهم وجود دارد: pH محلول اکی مولار اسید استیک و استات دقیقاً برابر  $\text{pK}_a$  اسید استیک است.

$$\text{pH} = \text{pK}_a = 4.76$$

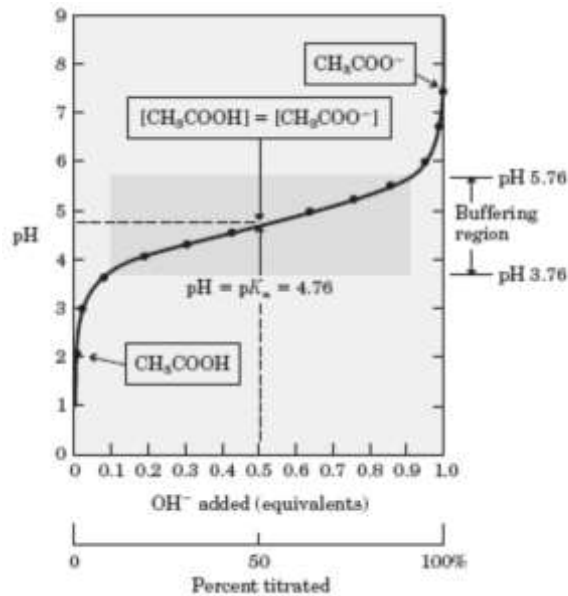
با پیشرفت تیتراسیون طی افزودن مقادیر بیشتر NaOH، اسید استیکی که هنوز یونیزه نشده، به تدریج به استات تبدیل می شود. نقطه پایان تیتراسیون در  $\text{pH} = 7$  می باشد که تمامی اسید استیک پروتون خود را به  $\text{OH}^-$  داده و ایجاد  $\text{H}_2\text{O}$  و استات می گردد. مهم ترین نقطه در منحنی تیتراسیون یک اسید ضعیف، نقطه ای است که در آن اسید ضعیف و آنیون آن (یک جفت اسید - باز کونژوگه) به عنوان بافر عمل می کنند.

#### بافرها (Buffers) (انیمیشن ۴، ۵۹، ۶۶۳، ۶۶۲، ۶۶۱، ۶۶۰)

بافرها یا تامپون ها سیستم های آبی هستند که تمایل دارند در برابر تغییرات pH در هنگام اضافه شدن مقادیر کم اسید ( $\text{H}^+$ ) یا باز ( $\text{OH}^-$ )، مقاومت نمایند. یک سیستم بافری از یک اسید ضعیف (دهنده پروتون) و باز کونژوگه آن (گیرنده پروتون) تشکیل می شود.

برای مثال، مخلوطی از غلظت های برابر اسید استیک و یون استات که در نقطه میانی منحنی تیتراسیون اسید استیک قابل مشاهده است، یک سیستم بافری است. منحنی تیتراسیون اسید استیک دارای ناحیه نسبتاً پهنی می باشد که حدود یک واحد pH در دو طرف  $\text{pH} = 4.76$  امتداد دارد. در این ناحیه میزان  $\text{H}^+$  یا  $\text{OH}^-$  اضافه شده به سیستم دارای اثر کمتری بر روی pH، در مقایسه با همین میزان اضافه شده در خارج این دامنه بافری دارد. این ناحیه پهن، ناحیه بافری (buffering region)، بافر اسید استیک - استات می باشد. در نقطه میانی این ناحیه

بافری، که غلظت دهنده پروتونی (اسید استیک) دقیقاً برابر گیرنده پروتون (استات) است، در این ناحیه قدرت بافری سیستم حداکثر می‌باشد؛ یعنی با افزودن  $H^+$  یا  $OH^-$ ، حداقل تغییرات pH مشاهده می‌شود.



در مورد سیستم های بافری به نکات زیر توجه کنید:

- حداکثر ظرفیت بافری در یک واحد pH پایین تر و یک واحد بالاتر از pK در نظر گرفته می‌شود.
- میزان pK نسبت به pH دلخواه مهم ترین شاخص در انتخاب بافر می‌باشد.
- در pH برابر با pK بیشترین قدرت بافر پدیدار می‌شود.
- ظرفیت بافرسازی همچنین به غلظت اسید و باز کنژوگه وابسته است. هر چقدر که اسید کنژوگه بیشتر باشد مقدار OH<sup>-</sup> بیشتری می‌تواند با تجزیه اسید خنثی شود.

#### تعادل اسید و باز (انیمیشن شماره ۷۳۴)

pH خون در شرایط نرمال ۷/۳-۷/۵ است. pH درون سلولی بسته به نوع فعالیت سلول‌ها بسیار متغییر است به طوری که pH درون سلولی استئوبلاست به دلیل فعالیت فسفاتازهای قلیایی مثل آلکالن فسفاتاز در حدود ۸ است و در پروستات برای فعالیت فسفاتاز اسیدی کمتر از ۵ است.

- pH درون میتوکندری در حدود ۶/۶ است.

- pH شیر معده اسیدی و در حدود ۱/۵-۳ است.

- pH ادرار در حدود ۵-۸ است.

- pH بزاق اسیدی و در حدود ۶/۴-۷ است

#### عوامل موثر بر تعادل pH خون (انیمیشن ۷۳۶)

pH خون در معرض تغییرات شدید pH است که توسط عوامل زیر تعدیل می‌شود:

الف- سیستم بافری (انیمیشن ۷۳۷)

ب- سیستم ریوی

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

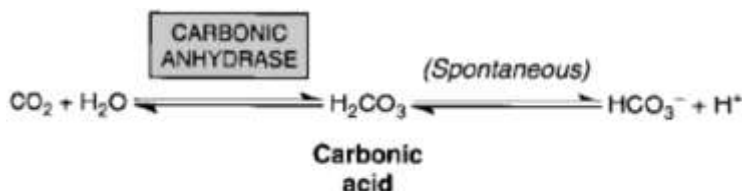


ج- سیستم کلیوی

الف) سیستم بافری:

اولین سد دفاعی در برابر تغییرات pH است. چهار نوع سیستم بافری وجود دارد. (انیمیشن ۵۱، ۶۲، ۶۴)

۱- سیستم بافری بیکربنات:  $\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$ : مهمترین سیستم بافری خون می‌باشد. از طریق فعالیت آنزیم کربنیک انیدراز،  $CO_2$  با اسید کربنیک در تعادل است.



pK این سیستم بافری ۶/۱ است که در  $pH = 7.4$  نسبت نمک به اسید این سیستم برابر با:

$$7.4 = 6.1 + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} \Rightarrow \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = \frac{20}{1}$$

غلظت اجزای تشکیل دهنده این سیستم بافری بالاست که تنظیم این غلظت از طریق تنفس و کلیه انجام می‌گیرد. این سیستم بافری با غلظت کم در گلبول قرمز نیز وجود دارد.

۲- سیستم بافری فسفات: شامل  $H_2PO_4^-$  و  $HPO_4^{2-}$  است.  $\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$



pK این سیستم بافری حدود ۶/۸ است. این سیستم بافری، بهترین بافر خون بوده ولی چون دارای غلظت کمی است از اهمیت کمی برخوردار است.

- این سیستم بافری در مایعات داخل سلولی دارای اهمیت است.

۳- سیستم بافری پروتئینی: اهمیت این سیستم به واسطه غلظت بالای این سیستم می‌باشد که از طریق زنجیره جانبی اسیدهای آمینه می‌باشد. حلقه ایمیدازولی اسید آمینه هیستیدین با pK برابر ۶ دارای بیشترین اهمیت است.

- آلبومین گردش خون و همچنین هموگلوبین گلبول قرمز دارای اهمیت زیادی می‌باشند.

۴- سیستم بافری - هموگلوبین - اکسی هموگلوبین

مهمترین بافرهای پلاسما بی کربنات و پروتئین و مهمترین بافرهای گلبول قرمز بی کربنات و هموگلوبین است.

ب) سیستم ریوی:

دومین سد دفاعی در برابر تغییرات pH است که نقش خود را از طریق دفع  $CO_2$  انجام می‌دهد. این سیستم دارای سرعت زیادی در تنظیم اسید و باز می‌باشد ولی دارای دقت کمی است.

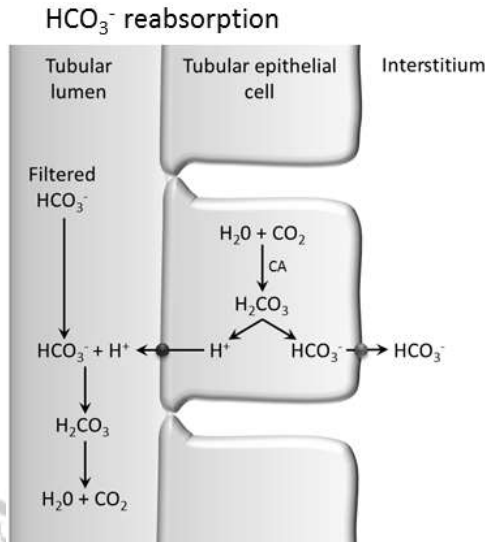
ج) سیستم کلیوی:

سومین سد دفاعی است که از طریق دفع  $H^+$  و باز جذب  $HCO_3^-$  نقش خود را ایفا می‌کند.

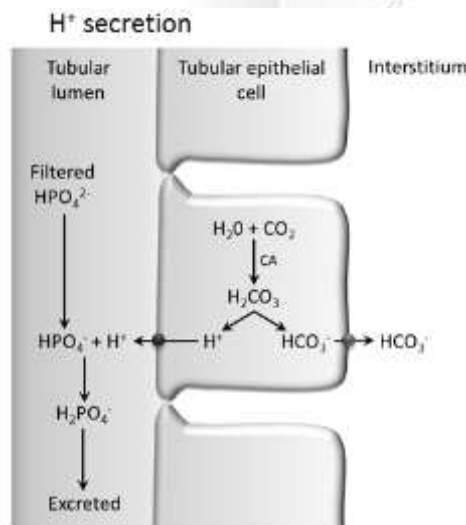
- اضافه اسیدهای غیر فرار و بی کربنات از کلیه ها دفع می‌شود، در نتیجه pH ادرار با توجه به رژیم غذایی متفاوت است.

کلیه‌ها از سه طریق به تعادل اسید و باز می‌پردازند:

- ۱- از طریق بازجذب بی‌کربنات: بازجذب بی‌کربنات نیازمند ترشح  $H^+$  از سلول‌های توبولی است که از طریق جابه‌جایی  $Na^+/H^+$  انجام می‌گیرد.  $H^+$  از این سلول‌ها خارج و سدیم به سلول‌های توبولی وارد می‌شود. کربنات حاصل از این طریق به همراه سدیم از سلول‌های توبولی خارج و به خون وارد می‌شوند.

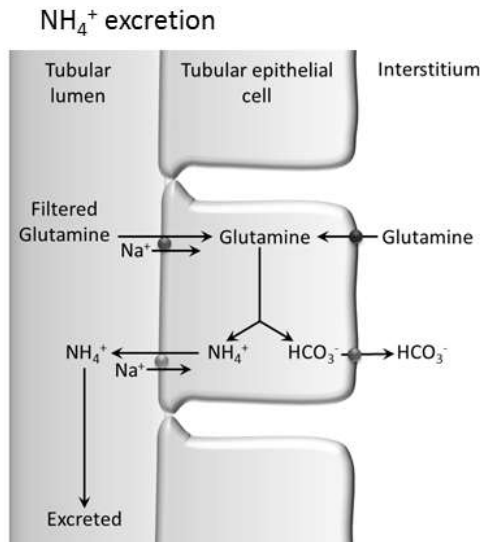


- ۲- ترشح یون  $H^+$ : تامپون فسفات در توبول‌ها با دریافت  $H^+$  و تبدیل فسفات دی‌سدیک به منو‌سدیک نقش دارد.  $H_2PO_4$  به دلیل عدم جذب توسط کلیه‌ها از طریق ادرار دفع می‌شود.



- ۳- دفع  $NH_4^+$ : کلیه‌ها از طریق تبدیل آمونیاک حاصل از تجزیه گلوتامین به یون آمونیوم و دفع آن از طرق کلیه‌ها به تنظیم pH خون می‌پردازند.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک «فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



۱۲ کدامیک از سیستم های تامپونی زیر نقش فعالتری در تنظیم pH خون دارند؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۸۴-۸۵)



با توجه به مطالب گفته شده مهترین سیستم بافری خون سیستم بی کربنات می باشد پس گزینه ۱ صحیح می باشد.

۱۳ کلیه ها به وسیله کدام مورد در تنظیم تعادل اسید و باز شرکت می کنند؟ (ارشد ژنتیک ۸۱)

(الف) ترشح آمونیاک (ب) جذب مجدد اسید آمینه (ج) افزایش کتونژن (د) کاهش برداشت  $CO_2$  گزینه الف صحیح است.

عدم تعادل اسید و باز (انیمیشن شماره ۷۳۵)

- ۱- اسیدوز متابولیکی (انیمیشن ۵۷)
- ۲- آلکالوز متابولیکی (انیمیشن ۵۸)
- ۳- اسیدوز تنفسی (انیمیشن ۶۰)
- ۴- آلکالوز تنفسی (انیمیشن ۶۱)

- کاهش pH خون به کمتر از حد طبیعی را اسیدوز و افزایش pH خون به بالاتر از حد طبیعی را آلکالوز گویند.
- اگر نسبت  $\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$  کمتر از حد طبیعی باشد اسیدوز رخ می دهد. برای کوچک شدن کسر یا باید میزان بی کربنات  $[HCO_3^-]$  کم شود (اسیدوز متابولیکی) یا باید میزان فشار  $CO_2$  افزایش یابد (اسیدوز تنفسی).
- اختلالات احتمالی در تعادل اسید و باز را می توان با اندازه گیری pH خون شریانی و محتوای  $CO_2$  خون وریدی تصدیق کرد.

۱۴ در حالت Hypoventilation کدام یک از موارد زیر اتفاق می افتد؟ (تغذیه ۸۵)

(الف) اسیدوز متابولیک (ب) الکلوز تنفسی (ج) اسیدوز تنفسی (د) آلکالوز متابولیک  
گزینه ج صحیح است. (هیپوونتیلیاسیون به معنی کاهش فعالیت ریه است در نتیجه میزان  $CO_2$  افزایش می یابد).

۱۵ در اسیدوز تنفسی کدام ماده زیر افزایش می یابد؟ (تغذیه ۸۶)

الف)  $PCO_2$       ب)  $HCO_3^-$       ج) pH      د) اسید لاکتیک

گزینه الف صحیح است.

۱۵ همه گزینه های زیر از علل اسیدوز لاکتیک می باشند، بجز: (دکتری بیوشیمی ۹۶-۹۷)

الف) شوک      ب) تشنج      ج) نارسایی قلبی      د) افزایش تهویه ریوی

گزینه د صحیح است.

• اگر نسبت  $\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$  بیشتر از حد طبیعی باشد آلكالوز رخ می دهد. برای بزرگ شدن کسر یا باید میزان بی کربنات  $[HCO_3^-]$  زیاد شود

(آلكالوز متابولیکی) یا باید میزان فشار  $CO_2$  کاهش یابد (آلكالوز تنفسی).

تغییرات میزان بی کربنات و  $CO_2$  به صورت اولیه بوده و برای حفظ حالت طبیعی تغییرات این دو جزء در خلاف جهت منجر به جبران حالت اولیه و طبیعی شدن  $\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$  می شود. این تغییرات در جدول زیر آمده است.

مسیر جبران	$CO_2$	$[HCO_3^-]$	pH	نوع اختلال
$CO_2 \downarrow$	-	$\downarrow$	$\downarrow$	اسیدوز متابولیکی
$CO_2 \uparrow$	-	$\uparrow$	$\uparrow$	آلكالوز متابولیکی
$[HCO_3^-] \uparrow$	$\uparrow$	-	$\downarrow$	اسیدوز تنفسی
$[HCO_3^-] \downarrow$	$\downarrow$	-	$\uparrow$	آلكالوز تنفسی

- تغییرات غلظت بی کربنات به عهده کلیه هاست که این کار را به صورت آرام و دقیق انجام می دهد.
- تغییرات فشار  $CO_2$  به وسیله ریه انجام می گیرد که به صورت سریع و نه چندان دقیق انجام می گیرد.

مهمترین دلایل اسیدوز متابولیکی:

- ۱- افزایش تولید اسید لاکتیک
- ۲- افزایش تولید اجسام کتون
- ۳- افزایش دفع بی کربنات در اسهال
- ۴- دیابت نوع ۱
- ۵- مسمومیت شدید با CO
- ۶- کاهش دفع  $H^+$  در اسیدوز توبولی کلیوی
- ۷- مسمومیت های الکلی
- ۸- مصرف داروهای اسیدی مثل آسپرین

مهمترین دلایل آلكالوز متابولیکی:

- ۱- مصرف داروهای قلیایی مثل بی کربنات سدیم
- ۲- افزایش آلدوسترون
- ۳- مصرف طولانی داروهای دیورتیک
- ۴- خونریزی شدید
- ۵- هیپوکالمی

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۶- استفراغ

۷- انسداد روده

**مهمترین دلایل اسیدوز تنفسی:**

۱- ذات الریه

۲- بیماری‌های ریوی، آسم، انسداد مزمن ریوی و ادم حاد ریوی

۳- مصرف مورفین، الکل و باریتوراتها

۴- کم کاری شدید تیروئید

۵- چاقی مفرط

**مهمترین دلایل آلکالوز تنفسی:**

۱- افزایش دمای بدن

۲- مصرف داروهایی نظیر سالیسیلاتها

۳- هیپوکسی

۴- استرس

۵- عفونت CNS

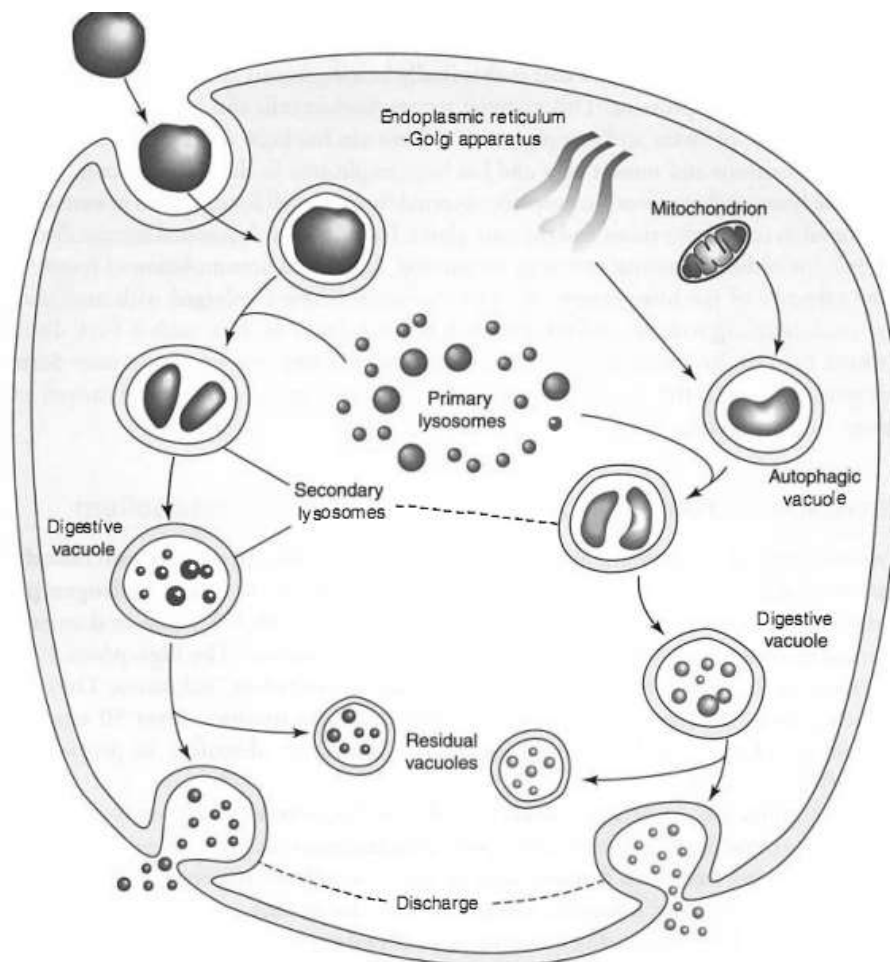
**اندامک‌های سلولی و غشای سلولی**

لازم است که در پایان فصل مطالبی در مورد اندامک‌های سلولی آورده شود زیرا عملکرد این اندامک‌ها می‌تواند مورد سوال واقع شود. بعضی از مسیرهای متابولیسمی مانند چرخه اسید تری کربوکسیلیک تماما در میتوکندری، گلیکولیز در سیتوزول و همانندسازی در DNA در هسته و میتوکندری قرار دارند. برخی دیگر نیز مانند چرخه اوره و سنتز هم در دو محل تقسیم شده‌اند. غشا پلاسمایی جدا کننده محیط داخل سلول از بیرون سلول است و محیط اندامک توسط غشا از سیتوزول جدا می‌شود. هسته سلول جایگاه DNA است و توسط یک غشای دو لایه احاطه شده است که غشای خارجی به غشاهای شبکه آندوپلاسمی پیوسته است. هسته محل سنتز و ترمیم DNA و سنتز RNA است.

**سندرم پیری زودرس یا هاجینسون - گلیفورد (HGFS)**

مبتلایان به این بیماری با محدودیت رشد- کاهش مو-خصوصیات مربوط به صورت مشخص اجسام شکننده کوچک- پوست چروکیده، آترواسکلروز و مشکلات قلبی- عروقی مشخص می‌شوند اما این بیماران فاقد بیماری دژنراتیو هستند. پوشش هسته در این بیماران طبیعی نیست. لامینای A یک پروتئین که در سنتز هسته‌ای DNA و RNA دخالت دارد و طی یک واکنش آنزیمی از یک پیش ساز متصل به غشا هسته تولید می‌شود در این بیماری غیرطبیعی است و در سلولها تجمع می‌یابد (به صورت فارنسیله یعنی گروه‌های فارنسیله به PF لامینا متصل و در سلولها تجمع می‌یابد). وجود پروتئین مهارکننده فارنسیل ترانسفراز ممکن است موجب بهبودی شود. وجود این پروتئین غیرطبیعی منجر به تداخل در بیان ژن و تداخل با میتوز می‌شود و منجر به ایجاد حباب در هسته می‌شود. هستک اندامک دیگر سلولهای یوکاریوت است که در این اندامک ویرایش RNA صورت گرفته و ریبوزومها نیز سنتز می‌شوند. شبکه آندوپلاسمی اندامک مهمی در سلولهای یوکاریوت می‌باشد به طوریکه سنتز غشا، سنتز پروتئینها و لیپیدها برای برخی از اندامک‌های دیگر و سنتز استروئیدها و واکنشه‌های سم زدایی مواد در این اندامک صورت می‌گیرد. دستگاه گلژی کامل کننده عملکرد شبکه آندوپلاسمی بوده و در پروتئین‌های سنتز شده توسط شبکه آندوپلاسمی تغییرات لازم در این اندامک صورت گرفته و پروتئینها در این اندامک بسته بندی شده و بعد به غشا یا سایر اندامکها ملحق شده و یا به خارج از سلول انتقال می‌یابند. میتوکندری نقش بسزایی در سلول دارند. این اندامکها محل سنتز ATP و محل انجام تنفس سلولی بوده اکسیداسیون پیرووات و اسیدآمینو و اسید چرب در این اندامک صورت گرفته و بخشی از سنتز اوره و هم در این اندامک صورت می‌گیرد. یه سری از بیماریها هستند که به

میتوکندری و عملکرد آن مربوط می‌شوند. بیماری لوفتر اولین بیماری میتوکندریایی شناسایی شده بود که در آن بویژه اختلال در انتقال انرژی در میتوکندری درگیر است. علائم این بیماری عبارتند از ضعف عمومی، ترقق شدید، مصرف بالای کالری بدون افزایش وزن بدن و سرعت متابولیسم پایه افزایش یافته (مقیاسی برای مصرف اکسیژن) و نقص در مکانیسم کنترل مصرف اکسیژن میتوکندریایی است. بیماری دیگر نوروپاتی بینایی ارثی لبر است که منجر به کوری ناگهانی در اوایل نوجوانی می‌گردد و به علت جهش در mt-DNA بوجود می‌آید. در این بیماری NADH: یوبی کینون - اکسیدردوکتاز (کمپلکس I زنجیره تنفسی) مشکل دارد. لیزوزومها اندامک‌هایی هستند که برای هضم داخل سلولی لازمند. آنچه داخل این اندامکها وجود دارد کلاسی از آنزیم‌های هیدرولاز گلیکو پروتئینه هستند. گلیکوزیله شدن آنزیمها در لیزوزوم برای جلوگیری از هضم خود آنزیمهاست. هیدرولازهای لیزوزومی در PH اسیدی بیشترین فعالیت را دارند. شرایط پاتولوژیک مختلفی در آزادسازی آنزیم های لیزوزومی شرکت دارند که شامل آرتریت، پاسخ‌های آلرژیک و... است. نقرس بیماری است که در این مورد باید مورد توجه قرار گیرد. کاتابولیسم پورینها (ترکیبات هتروسیکلیک حاوی نیتروژن که در اسیدهای نوکلئیک یافت می‌شوند) منجر به تشکیل اسیداوریک می‌شود که به طور معمول از ادرار دفع می‌شود. نقرس اختلالی است که در آن افزایش تولید اسید اوریک منجر به افزایش اسید اوریک خون و ته نشینی کریستالهای اورات از جنس اورات منو سدیم در مفاصل می‌گردد. تجمعات بزرگ این کریستالها در بافتهای مختلف را توفی می‌نامند. انسان فاقد آنزیم پراکسی زومی اوریکاز (اورات اکسیداز) است که در تجزیه اسید اوریک به آلانتوئین نقش دارد. تظاهرات بالینی شامل التهاب، درد، تورم و افزایش درجه حرارت به خصوص در انگشت بزرگ پا می‌باشد. به علت آسیب ایجاد شده توسط کریستالهای اسیداوریک هیدرولازهای لیزوزومی به داخل سیتوزول نشت پیدا می‌کنند و با وجودی که PH بهینه برای آنزیم های لیزوزومی پایینتر از PH سیتوزول است آنها در PH بالاتر هم قدری فعالیت از خود نشان می‌دهند که سبب هضم ترکیبات سلولی، آزاد شدن مواد از سلول و اتولیز سلول می‌شوند. در درمان این بیماری از یک داروی ضدالتهابی غیر استروئیدی استفاده می‌شود. اما درمان طولانی مدت با آلوپورینول صورت می‌گیرد این دارو با مهار آنزیم گزانتین اکسیداز که آنزیم مسئول تولید اسید اوریک از گزانتین است میزان تولید اسید اوریک را کاهش می‌دهد. لیزوزومها در هضم مواد داخل و خارج سلولی که باید حذف شوند نیز دخالت می‌کنند. از طریق اندوسیتوز مواد از محیط خارج به داخل سلول گرفته شده و در داخل وزیکولهای متصل شده به غشا به دام می‌افتد. در این مکانیسم چندین پروتئین سیتوزولی منجمله کلاترین درگیر است. این پروتئین حفرات پوشیده شده در سطح سلول را ایجاد نموده که از سطح سلول به داخل جوانه می‌زنند. محصولات هضم لیزوزومی از لیزوزومها آزاد شده و توسط سلول به مصرف مجدد می‌رسند. مواد غیر قابل هضم که اجسام باقی مانده (Residual bodies) خوانده می‌شوند در وزیکول انباشته شده و معمولاً توسط فرآیند آگزوسیتوز از سلول دفع می‌شوند. بعضی اجسام باقی مانده حاوی غلظت بالایی از مواد رنگی هستند که از لحاظ شیمیایی نامتجانس و دارای اسیدهای چرب با چندین پیوند دوگانه و پروتئین هستند به نام لیپوفوشین یا رنگدانه سن یا رنگدانه گذشت عمر (wear and tear) خوانده شده و در سلول انباشته می‌شوند. چندین حالت بالینی وجود دارد که مربوط به لیزوزومها می‌شود که در ادامه به توضیح آنها می‌پردازیم. لیپاز اسیدی لیزوزومی انسانی (hLAL) (human Lysosomal Acid Lipase) تری گلیسریدها را به اسیدهای چرب آزاد و گلیسرول و استرهای کلسترول را به اسید چرب و کلسترول آزاد هیدرولیز می‌کند. این آنزیم در متابولیسم کلسترول یک آنزیم کلیدی بوده و کلسترول آزاد را برای رفع نیازهای سلولی فراهم می‌سازد. بیماری ذخیره استر کلسترول (CESD) (Cholesterol Ester Storage Disease) و بیماری ولمن دو شکل فنوتیپی مشخص از نظر نقص ارثی hLAL هستند. CESD معمولاً در نوجوانی تشخیص داده شده و با هیپرکلسترولمیا، بزرگ شدن کبد و وقوع زود هنگام تصلب شرائین شدید اثبات می‌شود. این بیماران برای یک جهش در هر دو آلل ژن که در محل اتصال اینترون به آگزون اتفاق افتاده است هموزیگوت هستند که باعث نقص کاتالیزوری و آنزیمی ناپایدار می‌گردد. بیماری ولمن در اطفال ظاهر شده و معمولاً تا یک سالگی کشنده است در این بیماری آنزیم hLAL قابل تشخیص نبوده و تری گلیسریدها و استرهای کلسترول در بافتها انباشته می‌شود



نمایش شماتیک از نقش لیزوزومها در هضم مواد وارد شده به سلول

پراکسیزومها نقش مهمی در متابولیسم لیپید برعهده دارند. نام دیگر این اندامکها میکرو بادی می‌باشد. این اندامکها برای اکسیداسیون اسیدهای چرب بلند زنجیر، سنتز گلیسرولیپیدها، پلاسمالوژن‌ها و ایزوپرنوئیدها لازمند. این اندامکها حاوی آنزیمهایی هستند که D-آمینواسیدها، اسیداوریک و انواع اسیدهای ۲-هیدروکسی را با استفاده از اکسیژن مولکولی اکسید کرده و  $H_2O_2$  تولید می‌کنند. آسپیرین سبب تکثیر پراکسیزومها در کبد می‌شوند. همان طور که اشاره شد پراکسیزومها مسئول واکنش‌های متابولیک مهمی شامل سنتز اترهای گلیسرول، کوتاه کردن اسیدهای چرب بلند زنجیر به طوری که میتوکندری‌ها بتوانند آنها را به طور کامل اکسید کنند و اکسیداسیون زنجیر جانبی کلسترول مورد نیاز برای سنتز اسیدهای صفراوی هستند. اختلال در سنتز پراکسیزوم یا حالت PBDs باعث ایجاد حالت بالینی می‌شود که از علائم آن می‌توان به کاهش سطح لیپیدهای اترگلیسرول (پلاسمالوژن)، افزایش سطح اسیدهای چرب بلند زنجیر و بسیار طولی (C24, C26) و مشتقات اسید کلیستانوئیک (پیش ساز اسیدهای صفراوی) اشاره کرد. وخیم‌ترین حالت PBDs سندرم زل وِگِر (zallweger syndrome) است که به خاطر عدم وجود پراکسیزومهای کارآمد بوده و مرگ اغلب در ۶ ماه اول حیات اتفاق می‌افتد. اسکلت سلولی در حفظ شکل سلولی نقل و انتقال داخل سلولی، حرکت سلولی و تقسیم سلولی نقش دارد. میکروتوبولها پلیمرهایی از توبولین می‌باشند. اکتین و میوزین رشته‌های مهم سلولی در عضلات مخطط می‌باشند که مسئول انقباض عضلانی هستند. سه ابر خانواده پروتئینی دارای خصوصیت مکانیکی - شیمیایی یعنی میوزین، داینین و کاینزین انرژی شیمیایی را برای حرکت اجزاء سلولی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. داینین در حرکت مژک و تاژک دخالت دارد در حالی که کاینزین یک نیروی پیش برنده برای حرکت وزیکولها و اندامکها در عرض میکروتوبولها مخصوصا در آکسون‌های عصبی به حساب می‌آید.

سوالات پایان فصل: (توصیه می‌شود سوالات را سه روز بعد از مطالعه فصل مرور فرمایید)

۱. کدامیک از هورمون‌های زیر باعث کاهش متغیر ذکر شده می‌گردد؟ (دکترای بیوشیمی بالینی ۹۵-۹۴)
  - (الف) آلدوسترون: پتاسیم پلاسما (ب) آلدوسترون: وزن بدن (ج) کورتیزول: کاتابولیسم پروتئین (د) کورتیزول: گلوکوکورتیزول
۲. در یک محلول بافر که pH آن دو واحد بیشتر از pK می‌باشد نسبت غلظت نمک به اسید کدام است؟ (هماتولوژی ۸۳-۸۲)
  - (الف) ۲ (ب) ۵/۰ (ج) ۱۰۰ (د) ۰/۰۱
۳. یافته بارز در آلدوسترونیسم اولیه چیست؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۸۲-۸۱)
  - (الف) غلظت پایین بیکربنات پلاسما (ب) هیپوکالمی (ج) هیپوناترمی (د) ادم
۴. فشار اسمزی محلول ۷۱ گرم در لیتر سولفات سدیم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  چند اسمول است؟ وزن مولکولی سولفات سدیم ۱۴۲ دالتون است (دکترای بیوشیمی ۸۸-۸۷).
  - (الف) ۵/۰ (ب) ۱ (ج) ۵/۱ (د) ۲
۵. کدامیک از موارد زیر یک ترکیب تنفسی است و افزایش میزان پلاسمایی آن ایجاد اسیدوز تنفسی می‌کند؟
  - (الف)  $\text{HCO}_3^-$  (ب)  $\text{CO}_2$  (ج)  $\text{H}^+$  (د)  $\text{NH}_4^+$
۶. بافر یک اسید ضعیف در کدام pH بیشترین قدرت تامپونی را از خود نشان می‌دهد؟
  - (الف) در pH فیزیولوژیک (ب) در pH برابر pK (ج) در pHی که اسید کاملاً یونیزه باشد. (د) در pHی که اسید به صورت غیر یونیزه باشد.
۷. در صورتی که در یک بافر استات نسبت نمک استات به اسید استیک ۱۰ باشد Ph آن چقدر است؟ (pK اسید استیک برابر ۴/۷۶ می‌باشد). (ارشد بیوشیمی بالینی ۸۶-۸۵)
  - (الف) ۴/۷۶ (ب) ۴/۷۶ (ج) ۵/۷۶ (د) ۹/۵۲
۸. کاهش میزان اسمولالیت خون همراه با افزایش سنتز کدامیک از موارد زیر است؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۸۶-۸۵)
  - (الف) اریتروپویتین (ب) کالسیتریول (ج) رنین (د) ۲۵ هیدروکسی کوله کالسیرول
۹. ۲۳ میلی‌گرم در لیتر یون سدیم معادل چند میلی اسمول است؟ (وزن مولکولی سدیم ۲۳ می‌باشد)؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۸۶-۸۵)
  - (الف) ۲۳ (ب) ۱ (ج) ۲/۳ (د) ۱۰
۱۰. غلظت کدام یک از موارد زیر در توزیع آب بدن نقش موثری دارد؟
  - (الف) اسید آمینه (ب) گلوکز (ج) سدیم (د) کلسیم
۱۱. بیماری که با اختلالات اسید و باز روبرو است دارای مشخصات زیر است:
  - $\text{pH}=7/03$ , غلظت انیدرید کربونیک  $=1/1$  میلی مول در لیتر و  $\text{pK}=6/03$ . غلظت بی کربنات بر حسب میلی مول در لیتر این بیمار چقدر است؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۹۳-۹۲)
    - (الف) ۱۱۰ (ب) ۱۱ (ج) ۱/۱ (د) ۰/۱۱
۱۲. کدام یک از محلول‌های زیر دارای  $\text{pH}=7$  می‌باشد؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۹۳-۹۲)
  - (الف)  $\text{pK}=5$  و نسبت  $\text{A}^-/\text{HA}$  برابر ۱۰۰ (ب)  $\text{pK}=6$  و نسبت  $\text{A}^-/\text{HA}$  برابر ۱/۰ (ج)  $\text{pK}=7$  و نسبت  $\text{A}^-/\text{HA}$  برابر ۱۰ (د)  $\text{pK}=8$  و نسبت  $\text{A}^-/\text{HA}$  برابر ۱۰۰
۱۳. چنانچه غلظت سدیم خون بیماری ۱۴۰ میلی‌اکی والان در لیتر باشد مقدار سدیم خون این بیمار بر حسب میلی‌گرم درصد چقدر است؟ جرم اتمی سدیم ۲۳ و ظرفیت آن یک است. (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۳-۸۲)
  - (الف) ۳۲/۲ (ب) ۳/۲۲ (ج) ۳۲۲ (د) ۳۲۲۰
۱۴. کدامیک از موارد زیر یک کاتیون مهم خارج سلولی است؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۵-۸۴)

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



- الف) سدیم (ب) آهن (ج) پتاسیم (د) کلسیم
۱۵. کدامیک از عوامل زیر در باز جذب سدیم و دفع پتاسیم در لوله های اداری دخالت دارد؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۴-۸۵)
- الف) اریتروپویتین (ب) ۲۵ دی هیدروکسی کوله کلسیفیول (ج) آلدوسترون (د) کورتیزول
۱۶. pH بافر استات سدیم ۵/۷ می باشد. نسبت غلظت استات به اسید استیک چقدر است؟ ( $pK=4/7$ ) (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۴-۸۵)
- الف) مساوی غلظت اسید استیک (ب) نصف مقدار اسید استیک  
ج) ده برابر غلظت اسید استیک (د) یک چهارم غلظت اسید استیک
۱۷. نسبت حجم آب خارج سلولی به داخل سلولی در بزگسالان چقدر است؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۴-۸۵)
- الف) ۰/۵ (ب) ۱ (ج) ۲ (د) ۴
۱۸. قویترین عامل تنظیم pH کدامیک از سیستم های زیر است؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۴-۸۵)
- الف) کربنات-بی کربنات (ب) فسفات (ج) هموگلوبین (د) آلبومین
۱۹. اگر pH خون بیمار ۷/۱ و غلظت  $HCO_3^-$  برابر با ۸ میلی مولار باشد غلظت اسید کربنیک ( $CO_2$ ) چقدر است؟ ( $pK = 6/1$ ) (ارشد بیوشیمی بالینی ۹۱-۹۲)
- الف) ۸ (ب) ۱/۲۵ (ج) ۰/۸ (د) ۰/۱۲۵
۲۰. گروه های قابل یونیزه شونده اسید فسفریک به ترتیب ۲/۲ و ۷/۲ و ۱۲/۳ می باشد. PH محلولی با غلظت ۰/۱ مولار  $NaH_2PO_4$  /۱
- مولار و یک مولار  $Na_2HPO_4$  چقدر است؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۸۸-۸۹)
- الف) ۳/۲ (ب) ۴/۲ (ج) ۶/۲ (د) ۸/۲
۲۱. هورمونی است با هشت اسید آمینه که در سنتز آلدوسترون نقش دارد؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۸۸-۸۹)
- الف) ACTH (ب) وازوپرسین (ج) اکسی توسین (د) آنژیوتانسین
۲۲. کاهش  $pCO_2$  شریانی باعث کدام مورد زیر می شود؟ (دکتری بیوشیمی ۶۶-۶۵)
- الف) افزایش جذب مجدد  $HCO_3^-$  (ب) افزایش PH (ج) افزایش یونهای  $H^+$  (د) کاهش PH
۲۳. کدامیک از مایعات بدن کمترین PH را دارد؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۷۷-۷۸)
- الف) شیره معدی (ب) عرق (ج) عصاره پانکراس (د) پلاسما
۲۴. اگر در یک بافر غلظت نمک و اسید برابر باشد PH آن بافر کدام است؟ (کارشناسی ارشد ۸۲-۸۳)
- الف)  $PH=2Pk$  (ب)  $PH=P_k$  (ج)  $PH=-P_k$  (د)  $PH=P_k+1$
۲۵. هیپرونتیلیسیون کدام اثرات اولیه را در  $pCO_2$  و pH خون دارد؟ (کارشناسی ارشد ۸۲-۸۱)
- الف)  $pCO_2$  و pH هر دو افزایش می یابد. (ب)  $pCO_2$  و pH هر دو کاهش می یابد.  
ج)  $pCO_2$  کاهش و pH افزایش می یابد. (د)  $pCO_2$  افزایش و pH کاهش می یابد.
۲۶. بیماری به طور فیزیولوژیک دچار از دست دادن آب می باشد. ترشح کدام هورمون به طور فیزیولوژیک انجام می شود؟ (کارشناسی ارشد ۹۱-۹۰)
- الف) وازوپرسین (ب) پاراتورمون (ج) اکسی توسین (د) کلسیتونین
۲۷. اختلاف اصلی ما بین ICF و ECF کدام است؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۶-۸۵)
- الف) غلظت پروتئین ECF کمتر از ICF است (ب) غلظت کلرید در ECF بالاتر از ICF است  
ج) غلظت سدیم در ECF بالاتر از ICF است (د) فسفات های آنیونهای اصلی ECF هستند.
۲۸. فشار انکوتیک پلاسما بیشتر مربوط می شود به میزان: (کارشناسی ارشد ۸۱-۸۰)
- الف) سدیم و بیکربنات (ب) پروتئین و املاح (ج) فسفات ها و اسیدهای آمینه (د) بیکربنات
۲۹. در اسیدوز متابولیکی آنیون گپ چه تغییری می کند؟ (کارشناسی ارشد ۸۱-۸۰)

الف) افزایش می‌یابد (ب) کاهش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) برحسب وضعیت جبرانی متفاوت است  
 ۳۰. در ارتباط با افزایش آلدوسترون کدام گزینه درست است؟

الف) فشاراسمزی افزایش می‌یابد. (ب) پتاسیم خون افزایش می‌یابد.  
 ج) شخص به دهیدراتاسیون مبتلا می‌شود. (د) سدیم خون کاهش می‌یابد.

۳۱. تمام موارد زیر در سیستم بافری بدن فعالیت دارند به جز:

الف) بی‌کربنات خون (ب) هموگلوبین (ج) فسفات خون (د) استات خون

۳۲. کدامیک از گزینه‌های زیر یک کاتیون و یک آنیون مهم داخل سلولی است؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۳-۸۲)

الف) سدیم- پروتئین (ب) پتاسیم- کلرور (ج) پتاسیم- پروتئین (د) سدیم- فسفات

۳۳. در کاهش سدیم پلاسما تولید کدامیک از هورمون‌های زیر تحریک می‌شود؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۳-۸۲)

الف) انسولین- رنین (ب) رنین- آلدوسترون (ج) آلدوسترون- انسولین (د) انسولین- PTN

۳۴. در فرد بیماری که دچار کمبود آب است همه رفلکس‌های فیزیولوژی زیر در بیمار اتفاق می‌افتد به جز: (دکتری بیوشیمی بالینی ۸۲-۸۱)

الف) حرکت آب از داخل سلول به خارج سلول

ب) تحریک در ترشح ADH

ج) تحریک مرکز تشنگی

د) کاهش اسمولالیتیه پلاسما



## پاسخ تشریحی:

۱. همان طور که در متن فصل آمده آلدوسترون باعث افزایش سدیم پلاسما و کاهش پتاسیم و هیدروژن پلاسما می‌شود پس گزینه الف صحیح می‌باشد.

۲. با توجه به فرمول  $pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$  پاسخ صحیح گزینه ج می‌باشد.

۳. با توجه به افزایش میزان آلدوسترون در آلدوسترونیسم اولیه، یافته اولیه هیپوکالمی خواهد بود چون آلدوسترون باعث افزایش دفع و کاهش بازجذب پتاسیم می‌شود. پس گزینه ب صحیح است.

۴. ابتدا باید تعداد مول سولفات سدیم را بدست آوریم. با توجه به اینکه در محلول ما ۷۱ گرم سولفات سدیم وجود دارد و هر مول سولفات سدیم ۱۴۲ است پس اگر بخواهیم مول موجود در محلول را بدست آوریم باید ۷۱ را تقسیم بر ۱۴۲ کنیم که عدد ۰/۵ بدست می‌آید. و با توجه به اینکه تعداد سه یون از تجزیه سولفات سدیم حاصل می‌شود پس با توجه به فرمول

$$n \times \text{مولاریته} = \text{اسمولاریته}$$

گزینه صحیح ج خواهد بود.

۵. با توجه به توضیحات متن افزایش و یا کاهش  $CO_2$  به عنوان یک ترکیب تنفسی موجب اسیدوز یا آلکالوز از نوع تنفسی می‌شود که در اسیدوز افزایش این ماده مشاهده می‌شود. پس گزینه صحیح گزینه ب است.

۶. گزینه ب صحیح می‌باشد.

۷. با به کار گیری فرمول  $pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$  و جاگزینی اعداد داده شده گزینه ج صحیح است.

۸. گزینه ج صحیح است. همان طور که در متن فصل آمده است هنگامی که اسمولالیت خون کاهش می‌یابد سه سری اتفاقات موجب افزایش آلدوسترون می‌شود و آلدوسترون با افزایش بازجذب سدیم خون باعث افزایش اسمولالیت می‌شود که آغازگر این اتفاقات ترشح رنین است.

۹. گزینه ب صحیح است. اسمول را به صورت یونهای تعریف کردیم که از هر مول ماده مورد نظر حاصل می‌شود. با توجه به وزن مولکولی سدیم که ۲۳ می‌باشد. به ترتیب زیر عمل می‌کنیم.

$$\text{مول } 0.01 = 23 \text{ گرم سدیم} \div 23 \text{ میلی گرم سدیم}$$

$$n \times \text{مول} = \text{اسمول}$$

N برای سدیم عدد یک می‌باشد و چون در متن سوال میلی اسمول را از ما خواسته است  $0.01$  اسمول را تقسیم بر  $1000$  می‌کنیم و عدد یک بدست می‌آید.

۱۰. با توجه به توضیحات متن سدیم مهمترین نقش را در ایجاد فشار اسمزی و در نتیجه پراکندگی آب بدن دارد.

۱۱. کفایت فرمول زیر را به یاد داشته باشیم

$$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$$

و با جایگزینی اعداد جواب را بدست آوریم که گزینه صحیح گزینه ب خواهد بود.

$$7.03 = 6.03 + \log \frac{[base]}{[1.1]} \longrightarrow \log \frac{[base]}{[1.1]} = 1 \longrightarrow [base] = 11$$

۱۲. با توجه به توضیح سوال قبل گزینه الف صحیح است.

۱۳. گزینه ج صحیح است.

۱۴. سدیم مهمترین کاتیون خارج سلولی و پتاسیم مهمترین کاتیون داخل سلولی می‌باشد. پس گزینه الف صحیح است.

۱۵. گزینه ج صحیح است.

۱۶. با استفاده از فرمول  $pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$  گزینه ج صحیح است.

۱۷. گزینه الف صحیح است. ۱/۳ آب بدن در خارج سلول و ۲/۳ آن در داخل سلول است. نسبت این دو برابر با عدد ۰/۵ است.

۱۸. گزینه الف صحیح است. بافر کربنات- بیکربنات به علت غلظت زیادی که در خون دارد قویترین بافر خون است. بافر فسفات در ادرار و داخل سلول بافر اصلی محسوب می‌شود.

۱۹. باز هم فرمول زیر را به کار ببرید

$$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$$

با جایگزینی اعداد جواب ۰/۸ بدست می‌آید. فرمول مقابل یکی از مهمترین فرمول هاست که هر ساله در آزمونهای مختلف ارشد و دکترا از این فرمول سوال مطرح می‌شود.

۲۰. گزینه د صحیح است. باز هم فرمول

$$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$$

را به کار ببرید. دقت کنید که در این مسئله اسید و باز را درست تشخیص دهید.

$NaH_2PO_4$  اسید و  $Na_2HPO_4$  باز محسوب می‌شود.

۲۱. همان طور که در متن اشاره شده است آنزیم‌تانسین دارای هشت اسیدآمینو بوده و محرک ترشح آلدوسترون است پس گزینه صحیح گزینه د است.

۲۲. گزینه ب صحیح است.

۲۳. با توجه به متن فصل کمترین PH مربوط به شیره معده است. پس گزینه الف صحیح است.

۲۴. با توجه به فرمول زیر

$$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acid]}$$

زمانی که غلظت اسید و باز با هم برابر باشد  $PH = pK$  خواهد بود. پس گزینه ب صحیح است

۲۵. منظور از هیپرونتیلیاسیون یعنی تنفس شدید. در این حالت  $CO_2$  با شدت دفع می‌شود و در نتیجه فشار آن کاهش می‌یابد. کاهش فشار  $CO_2$  باعث افزایش PH (آلکالوز تنفسی) خون می‌شود. پس گزینه ج صحیح است.

۲۶. گزینه الف صحیح است.

۲۷. گزینه الف صحیح است.

۲۸. گزینه ب صحیح است.

۲۹. گزینه ب صحیح است.

۳۰. گزینه الف صحیح است. آلدوسترون باعث افزایش جذب سدیم می‌شود که افزایش جذب سدیم نیز باعث افزایش اسمولاریته خون می‌شود.

۳۱. گزینه د صحیح است.

۳۲. گزینه ج صحیح است. سدیم کاتیون خارج سلولی و کلر آنیون خارج سلولی است.

۳۳. گزینه ب صحیح است.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک «فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۳۴. گزینه د صحیح است. با از دست رفتن آب بدن، اسمولالیته خون افزایش می‌یابد.



## فصل دوم: ساختمان اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها

### نقشه فصل:

اسیدهای آمینه

- تقسیم بندی
- یونیزاسیون

پپتیدها

- خصلت اسیدی و بازی
- تعیین توالی اسیدهای آمینه در پپتیدها

پروتئین‌ها

- ساختار

- ساختار اول
- ساختار دوم
- ساختار سوم
- ساختار چهارم

- تقسیم بندی پروتئین‌ها

- عملکرد پروتئین‌ها

- پروتئین‌های کروی
- پروتئین‌های رشته‌ای



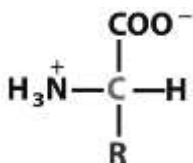
## فصل ۲

# ساختمان اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها

اسیدهای آمینه (انیمیشن ۸۳، ۲۶۶)

اسیدهای آمینه به عنوان واحدهای ساختمانی ساختار پپتیدها و پروتئین‌ها می‌باشند.

- در طبیعت در حدود ۳۰۰ اسید آمینه وجود دارد که تنها ۲۰ اسید آمینه از این تعداد در ساختمان پپتیدها و پروتئین‌ها شرکت می‌کنند که به این ۲۰ اسید آمینه، اسید آمینه استاندارد می‌گویند.
- اسیدآمینه دارای حداقل چهار گروه متصل به کربن  $\alpha$  (کربن متصل به گروه کربوکسیل را کربن  $\alpha$  گویند) می‌باشد لذا این کربن یک کربن نامتقارن می‌باشد.
- تمامی اسیدهای آمینه به جز اسید آمینه گلايسين به دليل داشتن کربن  $\alpha$  نامتقارن دارای فعالیت نوری می‌باشند.
- گروه‌های متصل به کربن  $\alpha$  شامل: گروه کربوکسیل (COOH)، یک گروه آمین (NH<sub>2</sub>)، یک اتم هیدروژن و زنجیره جانبی یا ریشه R می‌باشند.
- اختلاف گروه‌های R از نظر ساختمان، اندازه و بار الکتریکی روی حلالیت اسیدهای آمینه در آب اثر می‌گذارد.
- تمامی ۲۰ اسید آمینه موجود در پروتئینها از نوع  $\alpha$  - آمینو اسید می‌باشند. بتا آمینواسیدها و گاما آمینواسیدها نیز وجود دارند که در ساختار پروتئین شرکت نمی‌کنند.



- بتا و گاما آمینواسیدها بترتیب حاوی یک و دو گروه کربنی بیشتر در ساختار خود هستند و عامل آمین بر روی کربن بتا و گاما قرار دارد.
- اسیدهای آمینه به واسطه نحوه اتصال گروه آمین متصل به کربن  $\alpha$  نامتقارن دارای دو ایزومر D و L می‌باشند.
- اگر گروه آمین در طرف چپ کربن مرکزی باشد نوع L و اگر گروه آمین در طرف راست باشد نوع D خواهد بود.

- L-amino acid فرم رایج اسیدهای آمینه در پروتئین‌ها می‌باشد.

تقسیم بندی اسیدهای آمینه (انیمیشن ۸۲، ۱۱۹)

بر اساس ویژگی‌های گروه‌های R شامل: قطبیت و تمایل به داشتن میانکنش با مولکول آب در pH بیولوژیک اسیدهای آمینه در ۵ گروه طبقه بندی می‌شوند:

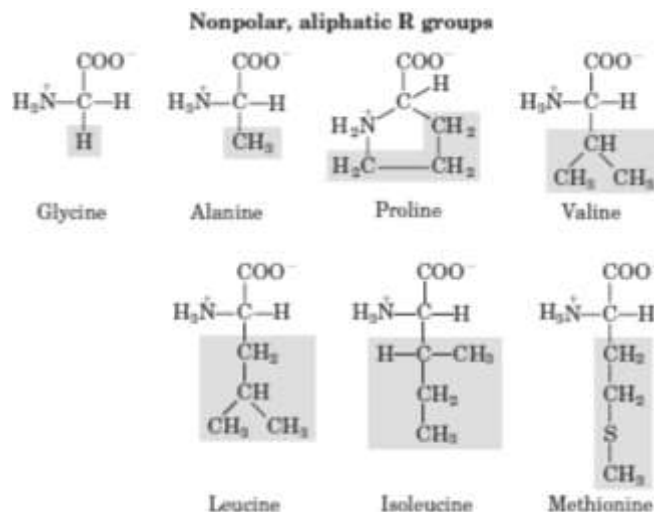
Amino acid	Abbreviation/ symbol	$M_r$	$pK_a$ values			$pI$	Hydropathy index*	Occurrence in proteins (%) <sup>†</sup>
			$pK_1$ (—COOH)	$pK_2$ (—NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	$pK_R$ (R group)			
<b>Nonpolar, aliphatic R groups</b>								
Glycine	Gly G	75	2.34	9.60		5.97	-0.4	7.2
Alanine	Ala A	89	2.34	9.69		6.01	1.8	7.8
Proline	Pro P	115	1.99	10.96		6.48	1.6	5.2
Valine	Val V	117	2.32	9.62		5.97	4.2	6.6
Leucine	Leu L	131	2.36	9.60		5.98	3.8	9.1
Isoleucine	Ile I	131	2.36	9.68		6.02	4.5	5.3
Methionine	Met M	149	2.28	9.21		5.74	1.9	2.3
<b>Aromatic R groups</b>								
Phenylalanine	Phe F	165	1.83	9.13		5.48	2.8	3.9
Tyrosine	Tyr Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	-1.3	3.2
Tryptophan	Trp W	204	2.38	9.39		5.89	-0.9	1.4
<b>Polar, uncharged R groups</b>								
Serine	Ser S	105	2.21	9.15		5.68	-0.8	6.8
Threonine	Thr T	119	2.11	9.62		5.87	-0.7	5.9
Cysteine	Cys C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5	1.9
Asparagine	Asn N	132	2.02	8.80		5.41	-3.5	4.3
Glutamine	Gln Q	146	2.17	9.13		5.65	-3.5	4.2
<b>Positively charged R groups</b>								
Lysine	Lys K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	-3.9	5.9
Histidine	His H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	-3.2	2.3
Arginine	Arg R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	-4.5	5.1
<b>Negatively charged R groups</b>								
Aspartate	Asp D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	-3.5	5.3
Glutamate	Glu E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	-3.5	6.3

۱- اسیدهای آمینه غیرقطبی با زنجیره جانبی آلیفاتیک (غیر قطبی non polar یا آلیفاتیک):

در این گروه اسیدهای آمینه غیر قطبی و آبگریز با زنجیره آلیفاتیک قرار دارند که شامل: گلیسین، آلانین، پرولین، والین (دارای زنجیر جانبی ایزوپروپیل)، لوسین و ایزولوسین (دارای زنجیر جانبی ایزوبوتیل) و متیونین (دارای زنجیر جانبی متیل اتیل تیول اتر) می‌باشند.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد





- زنجیره جانبی این اسیدهای آمینه به علت غیرقطبی بودن تمایل دارند تا در داخل پروتئین‌ها بصورت مجتمع با یکدیگر از طریق واکنش‌های متقابل هیدروفوب (آبگریز) قرار گیرند. مواقعی که زنجیره‌های جانبی غیرقطبی بر روی سطح تجمع می‌یابند معمولاً در رابطه با یک عملکرد مانند ایجاد محلی برای پیوند مولکول سوبسترا از طریق پیوندهای آبگریز است.
- گلیسین ساده‌ترین ساختمان اسید آمینه‌ای را دارد.
- گلیسین تنها اسید آمینه‌ای است که دارای کربن  $\alpha$ -نامتقارن می‌باشد، زیرا زنجیره جانبی آن تنها یک اتم هیدروژن می‌باشد و به همین علت فاقد فعالیت نوری است.
- دقت کنید که گلیسین نوع D ندارد و تنها به صورت نوع L است.
- لوسین آمینواسیدی شیرین می‌باشد.
- هرچند گلیسین در این طبقه قرار دارد ولی از آنجا که زنجیره جانبی آن بسیار کوچک و انعطاف پذیر است هیچ همکاری را در ایجاد پیوندهای هیدروفوب از خود نشان نمی‌دهد.
- والین، لوسین و ایزولوسین سه اسید آمینه شاخه‌دار هستند. ایزولوسین در ساختار خود دارای دو کربن نامتقارن می‌باشد.
- دقت کنید که انشعاب ایزولوسین بر روی کربن بتا و در لوسین بر روی کربن گاما است.
- متیونین، اسید آمینه گوگردار است که در ساختمان زنجیره جانبی خود یک تیواتر غیرقطبی دارد.
- پرولین در حقیقت یک آلفا-ایمینو ( $\alpha$ -imino) و یک آمینواسید ثانویه است که به دلیل آزاد نبودن عامل آمین، عامل ایمین در یک کانفورماسیون محکم و انعطاف ناپذیری قرار دارد که این مساله نقش مهمی در تعیین ساختمان فضایی پروتئین‌ها برعهده دارد.

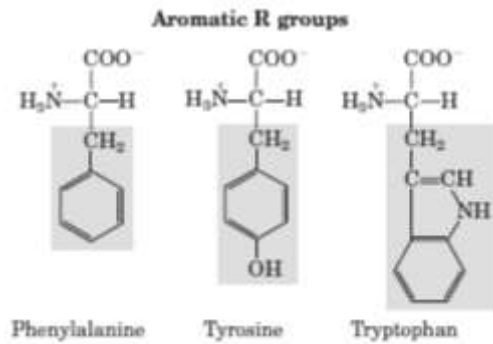
۱۵ کدام یک از اسید آمینه‌های زیر دارای گروه ایزوبوتیل است؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۹۶-۹۵)

- الف) لوسین      ب) والین      ج) آلانین      د) متیونین
- گزینه الف صحیح است.

## ۲- اسیدهای آمینه حلقوی (Aromatic):

اسیدهای آمینه فنیل آلانین، تیروزین و تریپتوفان در این طبقه قرار دارند.

- فنیل آلانین به روش گوتتری تشخیص داده می‌شود. اصول این آزمایش رشد اسپورهای باسیل سوبتیلیس در محیط حاوی بازدارنده در مجاورت فنیل آلانین است.

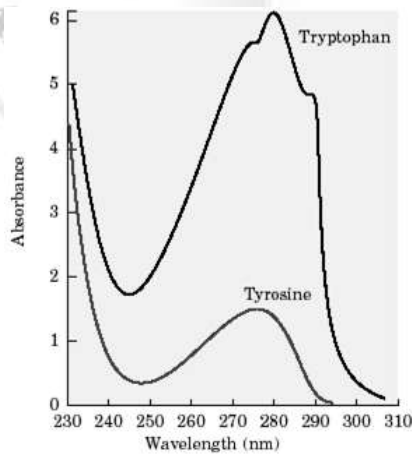


تمام اسیدهای آمینه زیر در شاخه جانبی خود گروه‌های حلقوی دارند، بجز: (تغذیه ۸۲-۸۱)  
 الف) تیروزین      ب) هیستیدین      ج) تریپتوفان      د) آسپارتیک اسید  
 گزینه د صحیح است.

- این اسیدهای آمینه بطور نسبی غیرقطبی هستند.
- فنیل آلانین دارای حلقه بنزنی است. حلقه تریپتوفان حلقه انیدولی نام دارد.
- هیچکدام از ۲۰ اسید آمینه استاندارد نور مرئی را جذب نمی‌کنند. اسیدهای آمینه حلقوی آروماتیک تیروزین و تریپتوفان و به میزان کمتری فنیل آلانین نور را در منطقهٔ فرابنفش (Ultra violet) به صورت قابل ملاحظه‌ای جذب می‌کنند. ترتیب جذب به صورت زیر است:

فنیل آلانین > تیروزین > تریپتوفان

- اندازه‌گیری جذب نور در طول موج ۲۸۰ نانومتر به وسیلهٔ اسپکتروفتومتر، روشی سریع برای تخمین زدن مقدار پروتئین یک محلول است.
- تمام اسیدهای آمینه در فرابنفش دور (کمتر از ۲۲۰ نانومتر) نور را جذب می‌کنند.



اسید آمینه‌های آروماتیک گروه‌های دارای خاصیت فلورسانس در پروتئین‌ها هستند که در این میان تیروزین بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد. شدت فلورسانس تحت تاثیر محیط می‌باشد. به طوری که با افزایش قطبیت حلال طول موج ماکسیمم کاهش و فلورسانس تریپتوفان افزایش می‌یابد. در دناتوراسیون پروتئین‌ها فواصل بین گروه‌های دهنده و گیرنده پیوند پپتیدی افزایش می‌یابد و قابلیت انتقال انرژی به تریپتوفان کاهش می‌یابد، از این در دناتوراسیون پروتئین افزایش در فلورسانس تیروزین یا فنیل آلانین و کاهش در فلورسانس تریپتوفان دیده می‌شود.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

- بیشترین نقش در مطالعه ساختاری پروتئین‌ها برای تریپتوفان است به علت خاصیت فلورسانسی که دارد.

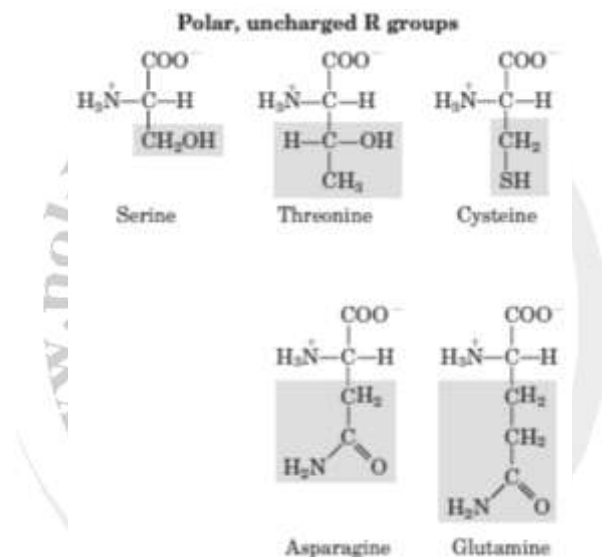
۱۷ وجود یک پیک در ناحیه ۴۰۰ نانومتر در طیف جذبی یک پروتئین می‌تواند بدلیل کدام یک از موارد زیر باشد؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۹۴-۹۳)

- (الف) وجود ناخالصی DNA و RNA  
 (ب) درصد بالای تریپتوفان در پروتئین  
 (ج) دارابودن یک گروه پروستتیک  
 (د) دناتوره شدن پروتئین

گزینه ج پاسخ صحیح است. اندازه گیری جذب نوری در ۲۸۰nm بوسیله اسپکتروفتومتر روش فوق العاده سریعی برای تخمین مقدار پروتئین‌های یک محلول است پیوندهای پپتیدی موجود در پروتئین‌ها نیز در دامنه ۱۸۰ الی ۲۳۰ نانومتر جذب دارند. جذب مولکولهای DNA و RNA در ۲۶۰ نانومتر رخ می‌دهد.

### ۳- اسیدهای آمینه قطبی بدون بار

این گروه از اسیدهای آمینه به دلیل داشتن گروه‌های عاملی که می‌توانند در آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند، قطبی بوده لذا در آب قابلیت حل شدن دارند. اسیدهای آمینه این گروه شامل اسیدهای آمینه سرین، ترئونین، سیستئین، اسپاراژین و گلوتامین می‌باشند.



- ترئونین شبیه ایزولوسین دارای یک مرکز نامتقارن اضافی است ولی فقط یک نوع ایزومر آن در پروتئین‌ها وجود دارد.
- سرین دارای الکل نوع اول و ترئونین دارای الکل نوع دوم است. فسفریلاسیون و دفسفریلاسیون این آمینواسیدها نقش مهمی در تنظیم فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها و نیز در مسیرهای انتقال پیام دارد.

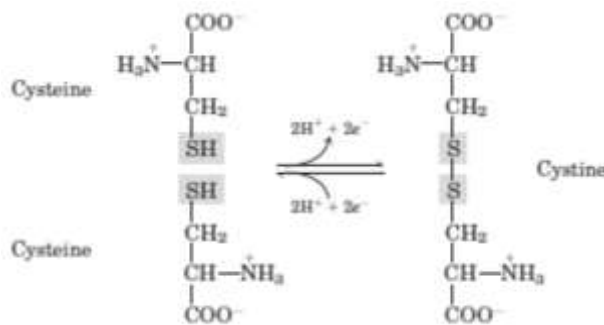
۱۸ آلفا آمینو اسیدی که در ساختمان پروتئین شرکت دارد و دارای دو کربن کایرال (ناقرینه) می‌باشد کدام است؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۹۴-۹۵)

- (الف) Leu (ب) Thr (ج) Pro (د) Trp

در میان ۲۰ آمینو اسید موجود تنها ایزولوسین و ترئونین دارای دو کربن کایرال می‌باشند. پس گزینه ب گزینه صحیح می‌باشد.

- سیستئین دارای یک گروه سولفیدریل یا تیول (-SH) است.
- زنجیر جانبی در سیستئین تیول متیل است.
- سیستئین در تشکیل تیوسیانات، تورین، و ۳ فسفوادنوزین-۵- فسفوسولفات نقش دارد.
- سیستئین از نظر ساختمانی مشابه سرین است و تنها تفاوت آنها در اتم اکسیژن موجود در سرین و اتم گوگرد در سیستئین است.

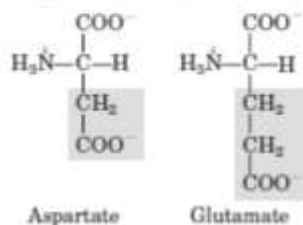
- گروه الکل نوع اول موجود در سرین و تیوالکل سیستئین نوکلئوفیل های فوق العاده هستند و می توانند مانند هیستیدین به عنوان اسید یا باز در واکنش های آنزیمی عمل کنند (کاتالیز اسید و باز عمومی). اما برای اسید آمینه ترئونین این نقش وجود ندارد با وجود اینکه عامل الکلی دارد.
- قطبیت سرین و ترئونین به دلیل گروه هیدروکسیل، در سیستئین به دلیل گروه تیول و در آسپاراژین و گلوتامین به واسطه گروه های آمیدی آنها می باشد.
- گلوتامین و آسپاراژین همانند سایر اسیدهای آمینه دارای رمز کد کننده بر روی DNA هستند.
- گروه های سولفیدریل (تیول) از دو اسید آمینه سیستئین ممکن است اکسید شده و پیوندهای دی سولفیدی (S-S) را تشکیل دهند، که این پیوند نقش مهمی در پایداری ساختار پروتئین دارد.



#### ۴- اسیدهای آمینه با بار منفی (اسیدی)

- اسیدهای آمینه آسپاراتات و گلوتامات در این گروه قرار دارند که در ساختار خود علاوه بر گروه کربوکسیل متصل به کربن آلفا، دارای یک گروه کربوکسیل در زنجیره جانبی خود می باشند (آمینواسیدهای دی کربوکسیلیک).
- گروه کربوکسیل موجود در زنجیره جانبی در pH فیزیولوژیک یونیزه شده دارای بار منفی است.
  - این دو اسید آمینه و به خصوص گلوتامات نقش مهمی در انتقال عامل آمین در متابولیسم اسیدهای آمینه دارند.

#### Negatively charged R groups

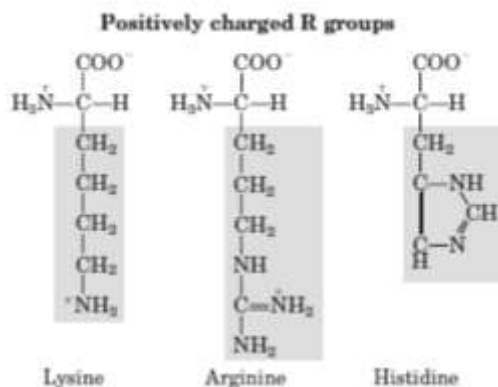


کدامیک از جملات زیر در مورد اسیدهای آمینه صحیح است؟ (دکتری بیوشیمی ۹۷-۹۶)

- الف) همه پروتئین های بدن انسان از ۲۰ نوع اسید آمینه ساخته شده اند.
  - ب) در pH فیزیولوژیک برآیند بار الکتریکی یک اسید آمینه صفر است.
  - ج) اگر گروه کربوکسیل پروتون بگیرد، گروه آمینه هم حتماً پروتون می گیرد.
  - د) اسیدهای آمینه موجود در پروتئین های بدن انسان از نوع D هم هستند.
- گزینه ج صحیح است.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۵- اسیدهای آمینه با بار مثبت (بازی)



این گروه از اسیدهای آمینه شامل اسیدهای آمینه لیزین، آرژنین و هیستیدین می‌باشند. (اسید آمینه‌های مونوکربوکسیل دی‌بازی)

- لیزین در اکثر پروتئین‌ها خصوصاً هیستونها به میزان زیادی یافت می‌شود.
- لیزین زنجیره جانبی اش ان بوتیل آمین است.
- به این نکته توجه کنید که هر سه اسید آمینه بازی کلاً جزء اسید آمینه‌های ضروری هستند و اسید آمینه‌های اسیدی کلاً غیر ضروری اند (در فصول آینده با مفهوم اسید آمینه ضروری و غیر ضروری آشنا خواهید شد).
- در کلاژن پس از اتمام سنتز، بعضی از لیزینهای موجود اکسید شده، تولید دلتا هیدروکسی لیزین می‌کند.
- آرژنین در ساختار پروتئین‌هایی مانند هیستون و پروتامین به فراوانی یافت می‌شود.
- آرژنین بسیار بازی است و گروه انتهایی این اسید آمینه شامل ۳ ازت می‌باشد که به آن گوانیدین (Guanidine) می‌گویند.
- هیستیدین در اکثر پروتئینها وجود دارد ولی مقدار آن در هموگلوبین نسبتاً زیاد است.
- آرژنین و هیستیدین گروههای جانبی شان خاصیت رزونانسی دارد.
- اکثر زنجیره‌های جانبی دارای بار الکتریکی بر روی سطوح پروتئین‌های کروی محلول قرار دارند و در آنجا توسط واکنش مطلوب از نظر انرژی با آب پایدار می‌شوند. قرار گرفتن زنجیر جانبی دارای بار الکتریکی در موارد نادر در داخل مولکول حاکی از یک نقش عملکردی مهم برای بار الکتریکی پنهان شده می‌باشد که معمولاً در پایداری ساختمان فضایی سه بعدی یا شرکت در کاتالیز نقش دارند.
- هیستیدین و سیستئین نقش اصلی را در اتصال فلز به پروتئین دارند.

۱۸ کدام اسید آمینه در زنجیره جانبی خود گروه هیدروکسی ندارد؟ (تغذیه ۸۳-۸۲)

- الف) هیستیدین      ب) سرین      ج) تیروزین      د) تره اونین  
 گزینه الف صحیح است. (به جز هیستیدین بقیه اسید آمینه الکلی هستند)

- هیستیدین تنها اسید آمینه‌ای است که در pH فیزیولوژیک نقش تامپونی دارد.

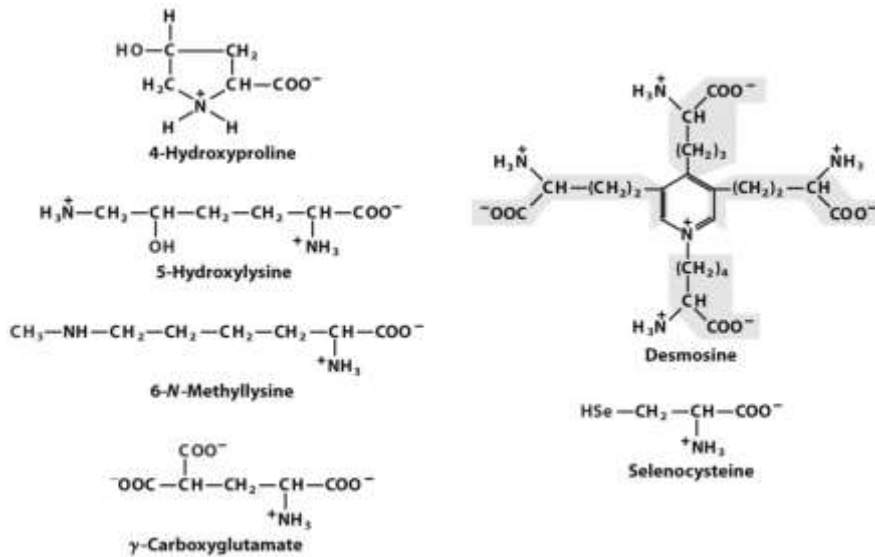
۱۹ در PH فیزیولوژیک کدام اسید آمینه ظرفیت ماکزیمم دارد؟ (تغذیه ۸۵)

- الف) آرژنین      ب) هیستیدین      ج) والین      د) اسید گلوتامیک  
 گزینه ب صحیح است.

### اسیدهای آمینه غیر استاندارد

این اسیدهای آمینه مشتقات برخی از اسیدهای آمینه استاندارد می‌باشند.

- ۴- هیدروکسی پرولین از پرولین و ۵- هیدروکسی لیزین از لیزین مشتق می‌شوند که در اثر عمل هیدروکسیلاسیون پس از اتمام سنتز کلاژن تولید می‌شوند. این تغییر غیر قابل برگشت است.



- ۶- N - متیل لیزین شکل متیله لیزین است که در ساختار میوزین پروتئین ماهیچه سیتوکروم C وجود دارد. تری‌متیل لیزین در پروتئین کالمدولین وجود دارد.
- گاما- کربوکسی گلوتمات در فاکتورهای انعقادی نظیر (پروترومبین و فاکتور شماره ۷، ۹، و ۱۰ پروتئین‌های C و S) و استئوکلسین و GaS6 که در تنظیم چرخه سلولی نقش دارد، وجود دارد.
- گاما کربوکسی گلوتمات برای اتصال استئوکلسین به هیدروکسی آپاتیت لازم است.
- برای سنتز این اسید آمینه ویتامین K لازم است.

۱۲۸ گاما کربوکسیلاسیون گلوتامیک اسید در کدام یک از پروتئین‌های زیر صورت می‌گیرد؟ (دکتری بیوشیمی ۹۲-۹۱)

- (الف) عوامل رشد (ب) انکوژن‌ها (ج) استئوکلسین (د) یوبی کوئین
- با توجه به توضیحات داده شده گزینه صحیح است.

۱۲۹ کدام گزینه در مورد گاما کربوکسی گلوتامیک اسید درست نمی‌باشد؟ (دکتری بیوشیمی ۹۴-۹۳)

- (الف) برای سنتز آن وجود ویتامین D ضروری است. (ب) یک شلاتور مناسب برای جذب کلسیم است. (ج) اسید آمینه موجود در سه پروتئین استخوان است. (د) اسید آمینه مناسب برای اتصال کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت است.
- گزینه الف گزینه صحیح است.

- دسموزین (Desmosine) مشتقی از چهار اسید آمینه لیزین است که در پروتئین رشته‌ای الاستین (Elastin) وجود دارد.
- سیستین از پیوند دی‌سولفیدی بین دو اسید آمینه سیستین ایجاد می‌شود.
- سلنوسیستین در اثر جانشینی سلنیوم به جای گوگرد در ساختار اسید آمینه سرین ایجاد می‌شود.
- سلنوسیستین محصول یک تغییر بعد از ترجمه نیست بلکه حین ترجمه وارد زنجیر پلی پپتیدی می‌شود.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

- سلنیوم باید به صورت سلنیوم فسفات باشد که با مصرف ATP به وجود می‌آید.
- تولید سلنوسیستئین در سطح tRNA صورت می‌گیرد. این اسیدآمینه در جایگاه فعال آنزیم‌هایی مانند نظیر تیوردوکسین ردوکتاز، گلوکاتیون پراکسیداز، دیدیناز قرار می‌گیرد.

▣ کدام یک از اسیدآمینه‌های زیر توسط ریبوزوم در ساختار پروتئین قرار می‌گیرد؟ (ارشد بیوشیمی بالینی ۹۱-۹۲)

- (الف) اورنتین (ب) هیدروکسی پرولین (ج) سلنوسیستئین (د) دسموزین  
گزینه ج گزینه صحیح است.

▣ کدام گزینه در مورد نحوه تشکیل سلنوسیستئین t-RNA صحیح است؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۹۱-۹۲)

(الف) سرین متصل به t-RNA به سلنوسیستئین t-RNA تبدیل می‌شود.

(ب) اسیدآمینه سیستئین آزاد به سلنوسیستئین تبدیل می‌شود.

(ج) سلنوسیستئین متصل به t-RNA به سلنوسیستئین t-RNA تبدیل می‌شود.

(د) سرین به سلنوسیستئین تبدیل شده سپس به t-RNA تبدیل می‌شود.

گزینه الف صحیح است. سلنوسیستئین اسیدآمینه نادری است که در جایگاه فعال برخی از آنزیم‌ها نظیر تیوردوکسین ردوکتاز گلوکاتیون پراکسیداز و دیدیناز وجود دارد که در واکنش‌های اکسیداسیون - احیا شرکت می‌کنند. سلنوسیستئین از اسیدآمینه سرین تولید می‌شود. تبدیل سرین به سلنوسیستئین در سطح مولکول tRNA اختصاصی آن یعنی tRNA<sup>sec</sup> صورت می‌گیرد.

متیل هیستیدین در ساختار اکتین و میوزین و دی‌پپتید آنسرین وجود دارد تری متیل هیستیدین در ساختار کالمودولین وجود دارد.

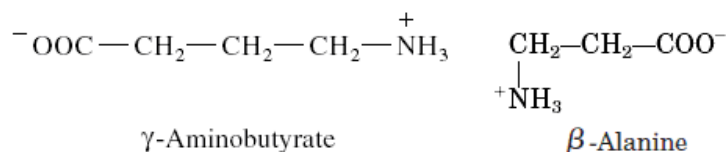
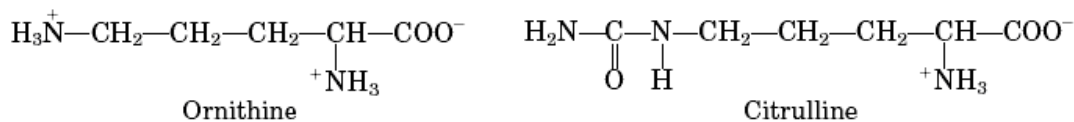
### اسیدهای آمینه غیر پروتئینی

اغلب این اسیدهای آمینه مشتقاتی از آل - آلفا اسیدهای آمینه موجود در پروتئین‌ها هستند ولی هیچگاه در پروتئین‌ها دیده نمی‌شوند. اسیدهای آمینه بتا، گاما و دلتا نیز شناخته شده‌اند.

۱ - نوع آلفا (α): مانند اورینیتین (Ornithine) و سیترولین (Citrullin) که از مشتقات آرژنین بوده، در سیکل اوره بعنوان واسطه شیمیایی عمل می‌کنند.

۲ - نوع بتا (β): در این اسیدهای آمینه، عامل آمین روی کربن β قرار دارد، مانند β - آلانین که جزئی از ساختمان اسید پانتوتیک (ویتامین B<sub>5</sub>) می‌باشد.

۳ - نوع گاما (γ): در این اسیدهای آمینه عامل آمین روی کربن γ قرار دارد، مانند اسید گاما - آمینو بوتیریک (γ-Aminobutyric acid) که به عنوان یک واسطه شیمیایی جهت انتقال جریان عصبی عمل می‌کند



✓ نکته: کربن متصل به عامل کربوکسیل را آلفا می‌نامند و سایر کربن‌های موجود در آمینواسید را به ترتیب فاصله‌ای که از کربن آلفا دارند، با حروف بتا، گاما و دلتا نشان می‌دهند.

- برخی از اسیدهای آمینه غیر پروتئینی دارای آرایش فضایی D می‌باشد.
- D-glutamic acid در دیواره سلولی بسیاری از باکتری‌ها یافت می‌شود D-Alanine در لارو یا شفیره برخی از حشرات و D-Serine در کرم خاکی وجود دارند.

### یونیزاسیون اسیدهای آمینه

- اسیدهای آمینه دارای عوامل آمین و کربوکسیل هستند که بصورت محلول یونیزه می‌شوند. یونیزاسیون عامل  $\text{NH}_2$  و  $\text{COOH}$  نسبت به pH محلول متغیر است و بار خالص هر اسید آمینه بستگی به pH محیط دارد.
- در pH خنثی، اسیدهای آمینه فاقد گروه R قابل یونیزه شونده در محیط آبی دارای گروه های کربوکسیل و آمین به صورت  $\text{COO}^-$  و  $\text{NH}_3^+$  بوده و اسیدهای آمینه به صورت یک مولکول دو قطبی می باشند.
  - به مولکولی که دارای بار (+) و (-) است اصطلاحاً زویتریون (Zwitterion) می‌گویند که می‌تواند هم به عنوان اسید و هم به عنوان باز عمل کند. ترکیباتی که دارای چنین ماهیتی هستند، آمفوتر و گاهی آمفولیت (ampholyte) خوانده می‌شوند.

### منحنی تیتراسیون اسیدهای آمینه (انیمیشن ۱۱۵)

- جهت رسم منحنی تیتراسیون اسیدهای آمینه، محیط را اسیدی نموده و سپس اسید آمینه را با یک باز تیتراسیون می‌کنند. با قرار دادن تغییرات pH در محور Y و میزان باز مصرفی در محور X منحنی تیتراسیون شکل می‌گیرد.
- گلیسین و اسیدهای آمینه ای که فاقد گروه R قابل یونیزه شونده هستند تقریباً دارای منحنی مشابه یکدیگر می‌باشند.

### منحنی تیتراسیون اسید آمینه گلیسین (انیمیشن ۷۴۶)

- در pH اسیدی تا نقطه ای که  $\text{pK}_1 = 2.34$  قدرت اسیدی محیط بیشتر از قدرت اسیدی گروه  $\text{COOH}$  اسید آمینه است، این گروه یونیزه نمی‌شود. در حالیکه گروه آمین یک پروتون از محیط گرفته یونیزه می‌شود در نتیجه در این نقطه بار گلیسین +۱ است.
- در ادامه تیتراسیون از قدرت اسیدی محیط نسبت به گروه  $\text{COOH}$  اسید آمینه کاسته می‌شود. در نتیجه این گروه یونیزه می‌شود که در این نقطه مجموع بار مثبت و منفی اسید آمینه صفر می‌شود و اسید آمینه هیچ بار خالصی ندارد.
- به pH ای که در آن مجموع بارهای مثبت ( $\text{NH}_3^+$ ) و منفی ( $\text{COO}^-$ ) اسیدهای آمینه برابر صفر بوده و اسید آمینه در این pH فاقد بار الکتریکی است، pH ایزوالکتریک ( $\text{pH}_i$ ) گویند.

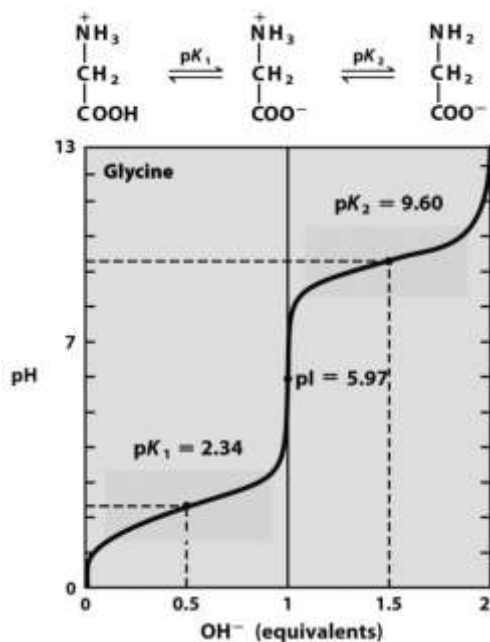
حضور کدام دسته از اسیدهای آمینه زیر باعث می‌شود تا PH ایزوالکتریک پروتئین بالاتر باشد؟ (تغذیه ۸۵)

الف) Thr, Ile, Leu, Ala (ب) Phe, Trp, Gly, Pro (ج) Gln, Cys, Glu, Asp (د) Gly, Tyr, Arg, Lys  
گزینه د صحیح است.

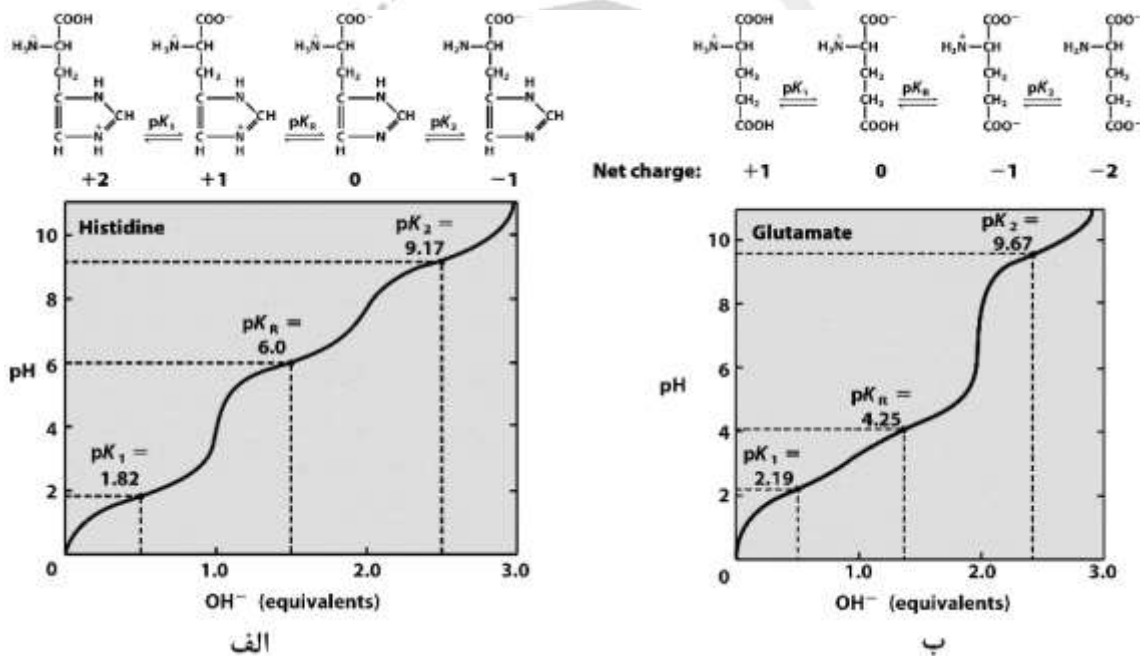
- با ادامه روند تیتراسیون گروه آمین نیز یونیزه شده و از حالت  $\text{NH}_3^+$  به  $\text{NH}_2$  تغییر می‌کند. در این نقطه ( $\text{pK}_2$ ) مجموع بار اسید آمینه -۱ می‌باشد.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد





• شکل منحنی تیتراسیون و همچنین بار خاص در pH های متفاوت برای اسیدهای آمینه باردار مثل گلوتامات و هیستیدین متفاوت است.



### pH ایزوالکتریک (pH<sub>i</sub>)

در این pH، مجموع بارهای مثبت ( $\text{NH}_3^+$ ) و منفی ( $\text{COO}^-$ ) اسیدهای آمینه برابر صفر است.

چنانچه اسید آمینه در محیطی قرار بگیرد که pH آن محیط، پایین‌تر از  $pH_i$  باشد، اسید آمینه دارای بار مثبت بوده و خاصیت اسیدی پیدا می‌کند (فرمهای  $\text{NH}_3^+$  و  $\text{COOH}$  غالب می‌باشند).

چنانچه اسید آمینه در محیطی قرار بگیرد که pH آن محیط، بالاتر از  $pH_i$  باشد، اسید آمینه دارای بار منفی بوده و خاصیت قلیایی پیدا می‌کند (فرمهای  $\text{NH}_2$  و  $\text{COO}^-$  غالب می‌باشند).

محاسبه  $pH_i$  اسیدهای آمینه

جهت محاسبه  $pH_i$  اسیدهای آمینه Asp و Glu (دارای زنجیره جانبی اسیدی)،  $pK$  عوامل اسیدی را جمع و بر ۲ تقسیم می‌کنیم.

$$pH_i = \frac{pK_1(\alpha - COOH) + pK_2(R - COOH)}{2}$$

۲- جهت محاسبه  $pH_i$  اسیدهای آمینه Lys و Arg (دارای زنجیره جانبی قلیایی)،  $pK$  عوامل قلیایی را جمع و بر ۲ تقسیم می‌کنیم.

$$pH_i = \frac{pK_2(\alpha - NH_3) + pK_3(R)}{2}$$

جهت محاسبه  $pH_i$  اسیدهای آمینه دیگر (دارای زنجیره جانبی غیر یونی)  $pK$  عامل آمین را با عامل کربوکسیل جمع و بر ۲ تقسیم می‌کنیم.

$$pH_i = \frac{pK_1(\alpha - COOH) + pK_2(\alpha - NH_3)}{2}$$

به این نکته توجه خاصی کنید

- تمام آمینو اسیدها از قواعد مذکور تبعیت می‌کنند. هیستیدین تنها آمینواسیدی است که از این قاعده مستثنی است چون  $pK$  گروه جانبی آن کمتر از  $pK$  گروه آمین است و برای محاسبه  $pH$  ایزوالکتریک آن  $pK$  گروه آمین و کربوکسیل را با هم جمع کرده و تقسیم بر ۲ می‌کنیم و  $pH$  ایزوالکتریک آن در حدود ۵/۵ می‌باشد.

۱۸ اگر در هیستیدین  $pK_1$ ،  $pK_2$  و  $pK_3$  به ترتیب ۱/۸، ۹/۳ و ۶ باشد  $pI$  آن در  $pH$  فیزیولوژیک برابر چند خواهد بود؟ (دکتری بیوشیمی بالینی ۹۴-۹۵)

۳/۹(د)

۵/۵۵(ج)

۵/۷(ب)

۷/۶۵(الف)

با توجه به توضیحات داده شده گزینه صحیح گزینه ج می‌باشد.

باید به این نکته توجه کنیم که محیط یک گروه قابل تفکیک بر روی  $pK$  آن تاثیر می‌گذارد. در یک محیط قطبی شکل یونی گروه کربوکسیل و آمین مساعدتر است و در یک محیط غیر قطبی شکل بدون بار ترجیح داده می‌شود. بنابراین یک محیط غیرقطبی سبب افزایش میزان  $pK$  یک گروه کربوکسیل (تبدیل آن به اسید ضعیف‌تر) می‌گردد ولی این میزان را در مورد گروه آمین کاهش (تبدیل آن به یک اسید قویتر) می‌دهد. وجود گروه‌های باردار مجاور می‌تواند سبب تقویت یا خنثی سازی اثرات حلال شود. پس میزان  $pK$  یک گروه وظیفه‌دار وابسته به موقعیت آن در داخل یک پروتئین خاص است.

**نکته مهم:** داوطلبین محترم توجه فرمایید که با تهیه این جزوات دیگر نیاز به خرید هیچ گونه

کتاب مرجع دیگری نخواهید داشت. برای اطلاع از نحوه دریافت جزوات کامل با شماره های

زیر تماس حاصل فرمایید.

۰۲۱-۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶

Shop.nokhbegaan.ir

خرید اینترنتی:

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۰۲۱-۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶ [www.nokhbegaan.com](http://www.nokhbegaan.com)