



مرورگر بیوشیمی

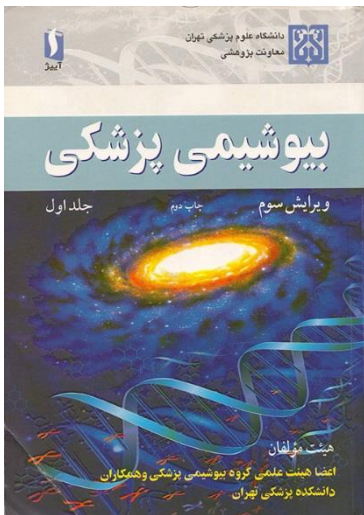
مروری بر کتاب بیوشیمی هیئت مؤلفان

دانشگاه علوم پزشکی تهران

فصل ۸: «ویتامین‌ها و کوآنزیم‌ها»

ناشر: تب طب

[www . Tab e Teb . ir](http://www.Tab e Teb . ir)



محمد قدرتی



❖ انواع ویتامین‌ها

• حلالیت

✓ چربی KADE

حاصل پلیمریزاسیون ایزوپرن (۲-متیل بوتادین)
وابسته به استئاتوره و اختلالات صفراوی
ذخیره E در بافت چربی و بقیه در کبد

✓ آب BC(Lip)

• نقش بیولوژیک

هورموویتامین AD

آنزیموویتامین B

❖ تیامین B₁

• ساختار

تیازول + پیریمیدین

• شکل فعال

تیامین پیروفسفات

هیدروژن متصل به کربن ۲ حلقه‌ی تیازول نقش اساسی دارد.

• روش اندازه‌گیری

با اکسید شدن در محیط قلیایی، به کمک فرو سیانور پتاسیم، تیوکروم سبز ایجاد می‌شود.

• جذب

کمتر از ۵ mg در روز، انتقال فعال در روده‌ی کوچک

• ذخیره

۳۰ میلی‌گرم

TPP %۸۰

TTP %۱۰

TMP %۱۰



عضلات؛ قلب، کلیه، کبد، اعصاب

- متابولیسم

تیامین پیروفسفو کیناز

TPP-ATP فسفریل ترانسفراز

تیامین پیروفسفاتاز

- نقش

- ✓ دهیدروژنازها

دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو کتو اسیدها

(۱) دکربوکسیلاسیون

کتواسید + TPP ← هیدروکسی آلکیل-TPP + CO₂

(۲) ترانس آسیلاز

هیدروکسی آلکیل-TPP + لیپوآمید ← TPP + اسیل لیپوآمید

(۳) دی‌هیدرولیپوئیل دهیدروژناز (وابسته به FAD)

اسیل لیپوآمید + SH-CoA ← دی‌هیدرو لیپوآمید + اسیل CoA

- ✓ ترانس کتولاز

انتقال گلیکول آلدهید از ریبوز ۵-فسفات و تشکیل سدوهپتولوز ۷-فسفات

- کمبود

- ✓ بری بری

علل: برنج، شکر و آرد سفید- ماهی‌خام- چای و الکل ⇐ تراکم سوبستراها و LIV

نتایج: عوارض قلبی عروقی، عصبی و ادم، هیپرتروفی و تپش قلب، نفس‌تنگی

- مقادیر

روزانه ۱-۳ میلی گرم

- منابع

جگر، جوانه‌ی گندم، سبوس برنج، حبوبات، غلات و ماکارونی، مخمر، آب‌جو

❖ ریوفلاوین B2

- ساختار

ریبیتول + فلاوین (اتصال به N10)



- ویژگی‌ها

فلوئورسانت زرد
مقاوم به حرارت
حساس به نور و محیط قلیایی: لومی فلاوین (ریبیتول ← متیل)
جذب دو اتم هیدروژن: لوکو فلاوین (بی‌رنگ)
با ترشح استروژن و سنتز حامل آن، از جفت عبور می‌کند.

- شکل فعال

کوآنزیم آنزیم‌های فلاوپروتئین

FAD ✓

AMP + FMN

FMN ✓

فسفات + ریوفلاوین

- جذب

اسید معده: جداسدن کوآنزیم از آپوپروتئین
پیروفسفاتاز و فسفاتاز، در بالای روده: ریوفلاوین آزاد

- انتقال

آلبومین (کمی، پیوند ضعیف)

کمپلکس پروتئین (خیلی)

- متابولیسم

فلاوکیناز

FAD سنتتاز

- نقش

جذب دو هیدروژن روی نیتروژن‌های ۱ و ۱۰
آنزیم‌های اکسیداز و دیافوراز (اکسید NADH و احیای FAD)

- کمبود

رشد، لب، صلبیه، گوارش
استئاتوره (=فراوانی چربی در مدفوع) از علائم سلیاک (=بیماری‌های حفره‌ی شکمی)
مشکل در تبدیل B6 به کوآنزیم و تریپتوفان به نیاسین



- مقادیر

روزانه ۲-۴ میلی‌گرم

- منابع

سفیده‌ی تخم‌مرغ، جگر، دل، قلوه، شیر خشک، گردو، مغز، مخمر، آب‌جو

❖ نیاسین B₃

نیکوتینیک اسید، نیکوتین آمید (عمده)

- ساختار

آزو-بنزویک اسید

- شکل فعال

NAD⁺ ✓

کوآنزیم I

کاتابولیک

NADP⁺ ✓

کوآنزیم II

آنابولیک

اتصال فسفات در موقعیت ۲-ریبوز آدنوزین

- جذب

هیدولیز در لومن روده

انتشار تسهیل‌شده بین خون و مایع مفزی-نخاعی

- متابولیسم

- تولید

آنزیم پیریدوکسال فسفات: WEGO ← نیاسین

۶۰ میلی‌گرم تریپتوفان = ۱ میلی‌گرم نیاسین

- دفع

متیلاسیون در کبد و دفع از ادرار

- نقش

جذب اتم هیدورژن و یک الکترون

آنزیم‌های دهیدروژناز (LDH و G6PD)



- کمبود

- ✓ پلاگر

علل: ذرت، میزان بالای لوسین (مهار کینولینات فسفو ریبوزیل ترانسفراز)، اختلال تریپتوفان (کارسینوئید و هارت‌ناپ)

نتایج: تورم و سرخی زبان، کاهش وزن، درماتیت، دمانژیا، اسهال

- مقادیر

روزانه ۱۰ میلی‌گرم

- منابع

مخمر، جگر، گوشت، شیر

❖ اسید پانتوتنیک B₅

در بسیاری از میکروارگانیسم‌ها

- ساختار

اسید پانتوئیک + بتا-آلانین

[آلفا، گاما-دی‌هیدروکسی-بتا-دی‌متیل بوتیریک اسید]

- جذب

بیشتر به صورت CoA هیدرولیز می‌شود با پیروفسفاتازها و فسفاتازها در روده

- نقش

- ✓ کوآنزیم A

تیو اتانول آمین + اسید پانتوتنیک فسفات + آدنوزین ۳ و ۵-دی فسفات

- ✓ ۴-فسفو پانتتین

گروه پروستتیک ACP

- کمبود

سندرم کف پای سوزان

کمبود سوکسینیل کوآ و در نتیجه کم‌خونی

- مقادیر

روزانه ۵-۱۰ میلی‌گرم

- منابع



زردهی تخم‌مرغ، قلو، شیر، بادام زمینی، پوست برنج، گندم

❖ پیریدوکسین B₆

• ساختار

آزو-بنزن + هیدروکسی متیل + هیدروکسیل + متیل + R

✓ پیریدوکسین

هیدروکسی متیل

✓ پیریدوکسامین

آمینو متیل

✓ پیریدوکسال

آلدئید

• شکل فعال

پیریدوکسال فسفات (PLP)

پیریدوکسامین فسفات

• جذب

آلکالین فسفاتاز

• متابولیسم

پیریدوکسال کیناز

پیریدوکسامین ۵ فسفات اکسیداز (وابسته به FMN)

• نقش

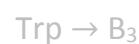
✓ ترانس آمیناز

✓ اسید آمینو دکربوکسیلاز، اسید آمینو دز آمیناز



کمبود GABA = اختلال عصبی

✓ کینوریناز



• کمبود

علل: ایزونیازید (ضد سل)، افراد الکلی (اتانول ← استالدئید ⇐ تحریک هیدرولیز PLP)



نتایج: تورم، خون‌ریزی، ریختن پشم، شوره، جوش، نمو، کم‌خونی، اضمحلال، افزایش دفع ادراری
گزانورتونیک اسید

- مقادیر

روزانه ۱/۲ - ۱/۶ میلی‌گرم؛ به‌ازای ۶۰ گرم پروتئین آقایان/خانم‌ها

- منابع

زردهی تخم‌مرغ، قلو، سیب زمینی، بادام زمینی، پوست برنج، گندم

❖ بیوتین B7 یا H

فاکتور رشد باکتری‌های Bios

آلفا: سنتز در کبد // بتا: استخراج از زردهی تخم‌مرغ

فراوان در مواد غذایی و سنتز توسط باکتری‌ها

- ساختار

تیوفن + ایمیدازول کتون‌دار + والریک اسید

- شکل فعال

بیوسیتین = بیوتین + لیزین

- جذب

هضم آنزیم‌های دارای بیوسیتین

- متابولیسم

بیوتینیداز

[بیوتینیل ۵ آدنیلات]

هولو کربوکسیلاز

- نقش

انتقال CO₂ به‌عنوان کربوکسیلاز (مثلاً در بتا-متیل کروتونیل کوآ کربوکسیلاز: لوسین و ایزوپرن)

- کمبود

علل: داروهای آنتی‌باکتریال، فقدان آنزیم هولو کربوکسیلاز، آویدین (سفیده‌ی خام)

نتایج: سبوره (=اختلال در غدد مولد چربی)، درماتیت، عصبی، رشد، مرگ

- مقادیر

روزانه ۰/۲ - ۰/۱ میلی‌گرم



- منابع

فلور روده، کبد، کلیه، پانکراس، تخم‌مرغ، مخمر، شیر

❖ اسید فولیک و B₉ یا B₁₂

= فولاسین = پتروئیل گلوتامیک اسید

- ساختار

هسته‌ی پتریدین (پیریمیدین + پارادایزین) + PABA + گلوتامیک‌اسید

✓ مشتقات پلی‌گلوتامات (۷-۱)

B₁₀ : ۳

۵ : (متصل به پروتئینی در کبد)

B₁₁ : ۷

- اشکال غیرفعال

✓ اسید فولیک

✓ اسید فولینیک

فاکتور سیترو وروم F₅-FH₄

- اشکال فعال

F₁₀-FH₄ ✓

فاکتور لوکوورین

MN_{5,10}-FH₄ ✓

(...متیلن...)

- جذب

هیدرولیز پلی‌گلوتامات‌ها در لومن روده به مونوگلوتامات

- متابولیسم

- احیا شدن

آنزیم فولیک‌اسید ردوکتاز + NADPH + ویتامین C

- دی‌هیدرو فولات

۷ و ۸

- تترا‌هیدرو فولات

۵ و ۶ و ۷ و ۸



- نقش

انتقال عوامل تک‌کربنه (متیل، متیلن، متیل، فرمیل، فرمیمینو، هیدروکسی متیل)
تولید و افزایش اسیدهای نوکلئیک
ساخت گلبول‌های قرمز جوان

- کمبود

موش: موی خاکستری // مرغ: کم‌خونی و عدم مقاومت به مالاریا
انسان: کم‌خونی مگالوبلاستیک به دلیل کمبود بازهای پورینی و تیمین

- مقادیر

روزانه ۰/۲ - ۰/۳ - ۰/۴ - ۰/۵ میلی‌گرم

- منابع

مخمر، کبد، میوه و سبزیجات سبز

❖ کوبالامین‌ها B₁₂

= کورینوئیدها

- ساختار

کوبامید = کورین (۴ پیرویل + ۳ متیل)، کبالت؛ ۸ متیل، ۳ استامید، ۱+۳ پروپان آمید، ۱ پروپانول آمین
ظرفیت پنج در زیر صفحه: ۵-۶ دی متیل بنزایمیدازول ریونوکلئوتید
ظرفیت شش در روی صفحه: سیانید/متیل/نیترو/هیدروکسیل/۵-دئوکسی آدنوزیل

- مشتقات ویژه

سیانو کوبالامین: بلورهای قرمز تیره و اندازه‌گیری کوبالامین سرم
فرم غالب در سرم: متیل // فرم غالب در سیتوزول: دئوکسی آدنوزیل

- جذب

آپو اریترین (پس از اتصال به پروتئین‌های مخصوص شیره‌ی معده)

- انتقال

- خون

ترانس کوبالامین II (بتاگلوبولین)

- معده

فاکتور داخلی معده (گلیکوپروتئین؛ حرکت الکتروفوریک کند)



R-کوبالوفیلین (نوع گرانولوسیتی دارای حرکت سریع است و ترانس کوبالامین III نامیده می‌شود. انواع دیگر ترانس کوبالامین I هستند.)

- نقش

- ✓ سنتز متیونین از هوموسیستئین

با متیل کوبالامین و متیل تتراهیدروفولات

- ✓ تبدیل متیل مالونیل CoA به سوکسینیل CoA

با دئوکسی‌آدنوزیل کوبالامین و موتاز مربوط

واکنش مهم در متابولیسم اسیدهای چرب و آمینواسیدهای آلیفاتیک

کم‌خونی بدخیم پرنیسیوز (تراکم چربی‌های غیرطبیعی در سیستم عصبی)

- کمبود

علل: فقدان فاکتور داخلی و کاهش جذب

نتایج: کم‌خونی پرنیسیوز، آنمی مگالوبلاستیک، نوروپاتی، کاهش RBC و هموگلوبین، آتروفی مخاط

معده، التهاب زبان و دهان، تغییرات دژنراتیو خلفی-جانبی طناب نخاعی

- مقادیر

روزانه ۲ میکروگرم یا ۰/۲ تا ۰/۱ میکروگرم

- منابع

بعضی میکرو ارگانیسم به‌ویژه باکتری‌های بی‌هوازی

❖ اسید اسکوربیک C

- ساختار

حلقه پنج ضلعی استری، دی هیدروکسی اتیل، ۲ هیدروکسیل

- ویژگی‌ها

انسان، میمون و خوچه‌ی هندی فاقد آنزیم L-گلونواکسیداز

خاصیت اسیدی: هیدروژن کربن ۳

از بین رفتن در برابر حرارت

- نقش

پروتوکلان هیدروکسیلاز

گاما بوتیرو بتائین ← کارنی تین



متابولیسم تیروزین، سنتز اپی‌نفرین و استروئیدهای ضد التهابی، فعالیت لکوسیت‌ها
افزایش جذب آهن دو ظرفیتی
افزایش تبدیل فولیک اسید به تتراهیدروفولات و تشکیل مشتقات پلی‌گلوتامات
آنتی‌اکسیدان مهم بیولوژیک: جلوگیری از اکسیداسیون E و A و بعضاً B

- کمبود

- ✓ اسکوروی

لثه، دندان، استخوان، گوارشی، قلبی، کم‌خونی هیپوکرومیک میکروسیتیک

- اضافی

به اگزالیك اسید تبدیل و دفع می‌شود. چون املاح کلسیم آن کم‌محلول اند، سنگ کلیه را افزایش می‌دهد.

- مقادیر

روزانه ۷۵-۱۵۰-۱۰۰ میلی‌گرم

- منابع

مرکبات، سبزیجات، میوه‌ها

❖ اسید لیپوئیک

= اسید تیوکتیک

- ساختار

۸۹۶- دی مرکاپتو کاپریلیک اسید

- ویژگی‌ها

در کبد همراه چربی، در سلول همراه آب

سنتز در بدن

- نقش

اتصال عامل اسیدی به آمینواسیدها و ایجاد آنزیم‌های لیپوآمید

فاکتور اکسیداتیو پیرووات

از فاکتورهای رشد و نمو باکتری‌ها

❖ ویتامین A

- اشکال حلقه بتایونون



A1 رتینول

A2 ۳-دهیدرو رتینول

• ایزومرها

- عامل

✓ رتینول

الکل

✓ رتینال

آلدئید

✓ رتینوئیک اسید

اسید

- فضایی

✓ تمام ترانس

فعال‌ترین

✓ سیس

۹

۱۱

۱۳

نئو ویتامین A

۱۳و۹

۱۳و۱۱

• جذب و انتقال

توکوفرول‌ها

استر هیدرولاز

میسل

استریفیه شدن مجدد

حمل با شیلومیکرون به کبد و آزاد شدن ۵٪ رتینول

• متابولیسم



مشتق کاروتن‌ها: آلفا، بتا، گاما ($C_{40}H_{56}$)

✓ بتا کاروتن دی اکسیژناز

✓ رتینین ردوکتاز (وابسته به $NAD(P)H$)

• نقش

✓ چرخه‌ی بینایی والد

سلول‌های استوانه‌ای ردوپسین دارند. ردوپسین = آپسین + ۱۱-سیس رتینال (آلدئید---آمین

۴ لیزین)

برخورد نور \Leftarrow آپسین و رتینال تمام ترانس \Leftarrow القای ورود کلسیم

✓ تولید مثل، پایداری غشا، سنتز گلیکوپروتئین‌ها

✓ رشد و حفاظت بافت

(رتینول و رتینوئیک اسید): اتصال به گیرنده‌های داخلی و بعد کروماتین

✓ آنتی‌اکسیدان

کاروتینوئیدها، بویژه در کمبود اکسیژن

• کمبود

✓ استحاله چشم و پوست \Leftarrow شب‌کوری

سازگاری ضعیف در تاریکی

✓ استحاله شبکیه \Leftarrow گزروفتالمی

التهاب ملتحمه و ایجاد پلاک‌های خاکستری با سطح کف‌آلود (Bitots spot)

✓ کراتومالاسی

زخم و نکروز قرنیه و کوری

✓ خشکی، وزیکول پاپولی، هیپر کراتوز فولیکولی

• مسمومیت

- حاد

درد شکمی، تهوع، استفراغ، سردرد، گیجی، کندی، تهییج

- مزمن

درد استخوان و مفاصل، ریزش مو، خشکی لب، بی‌اشتهایی، کاهش وزن، بزرگی کبد

• مقادیر



روزانه ۳۰ واحد بین‌المللی ($0.334 \mu\text{g}$) به ازای هر کیلوگرم وزن بدن

- منابع

روغن کبد ماهی، جگر گوسفند و گاو، شیر، زرده‌ی تخم‌مرغ، گیاهان

❖ ویتامین D

- اشکال

ارگوسترول \leftarrow D₂ ارگوسترو کلسیفرول

۷-دهیدرو کلسترول \leftarrow D₃ کوله کلسیفرول

- جذب

غذایی: روده باریک

فتولیز: (۲۹۳-۲۶۰ نانومتر)

- انتقال

در خون، اتصال به گلوبولینی مخصوص و رفتن به کبد

- متابولیسم

آنزیم‌های میتوکندریایی

✓ آغاز

۲۵-هیدروکسیلاز

✓ ایجاد شکل فعال

۱- α هیدروکسیلاز

در استخوان، کلیه، جفت

بر اساس پاراتورمون، فسفات سرم، میزان فعال موجود

✓ ایجاد شکل غیرفعال

۲۴-هیدروکسیلاز

در روده، غضروف، کلیه، جفت

در شرایط طبیعی Ca^{2+} سرم، معادل بودن دو شکل

- نقش

تنظیم تعادل فسفر و کلسیم

تسهیل جذب کلسیم در روده



بازجذب کلیوی کلسیم

رسوب در نسوج (با افزودن سیترات بافت استخوانی و تحریک استئوبلاست‌ها)

• کمبود

✓ راشیتیس

I -

اتوزومی مغلوب

اختلال تولید (۲۵و۱) به دلیل فقدان آنزیم

II -

اتوزومی مغلوب

اختلال اتصال (۲۵و۱) به گیرنده

✓ استئومالاسی

✓ استئودیستروپی کلیوی

تخریب پاراننشیم کلیه، اختلال سنتز (۲۵و۱)، اختلال بازجذب کلسیم ⇐ هیپوکلسمی ⇐

افزایش پاراتورمون و برداشت کلسیم از استخوان

• اضافی

مقادیر بالا را تحمل می‌کند؛ اما در مقادیر خیلی بالا (۱۰۰۰-۵۰۰ برابر)

✓ هیپرکلسمی

سریع: یبوست، پلی‌اورمی، تهوع، استفراغ، اسهال

دراز مدت: کلسیفیکاسیون متاستازیک (... نایزه و حبابچه‌ها... نارسایی کلیوی... مرگ)

• مقادیر

کودکان: روزانه ۲/۵ یا ۱۰ میکروگرم

پس از کاهش استخوان‌سازی: روزانه ۵ میکروگرم

بعضی بیماری‌ها: روزانه ۵۰-۳۰ میکروگرم (استئودیستروپی و وابستگی اتوزومی مغلوب)

در زمستان احتیاج بیش‌تر

• منابع

شیر، کره، زرده‌ی تخم‌مرغ، روغن کبد ماهی

❖ ویتامین E

= توکوفرول‌ها C₂₉H₅₀O₂



- ساختار

هسته‌ی کرومان (بنزن + پیران)، ۱۶ کربنی، فنول، متیل، سه R

- انواع

بر اساس این که R هیدروژن/متیل باشد.

✓ آلفا

۵ و ۷ و ۸

✓ بتا

۵ و ۸

✓ گاما

۷ و ۸

✓ دلتا

۸

✓ زتا

۷

✓ اتا

۵ و ۷

- ویژگی‌ها

فنول (آزاد/استریفیه)؛ اگر متیله شود، خواص ویتامینی از بین می‌رود.

آلفا توکوفرول: خواص بیولوژیک بیش‌تر، خواص آنتی‌اکسیدانی کمتر

- جذب، انتقال، ذخیره

در روده‌ی باریک و در حضور صفرا

با شیلومیکرون و VLDL : کبد

با HDL : بافت چربی

- متابولیسم

دادن هیدروژن فنولی به رادیکال آزاد؛ احیای مجدد توسط ویتامین C

احیای دو رادیکال؛ کنژوگه شدن با اسید گلوکورونیک و دفع صفراوی

- نقش



✓ مانع پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع

✓ رادیکال‌های آزاد

✓ کوآنزیم Q

زنجیره‌ی انتقال الکترون

✓ افزایش ALA ردوکتاز

تحریک سنتز هم

• کمبود

اختلال در تولید اسپرمتوزوئید و عروق جنین؛ استحالته‌ی عضلات مخطط، دیستروفی عضلانی و

افزایش کراتینین ادرار؛ ادم؛ آنمی همولیتیک

• مقادیر

روزانه ۳-۴ میلی‌گرم

بسته به میزان PUFA

• منابع

جوانه‌ی گندم، کاهو، کلم، روغن بادام زمینی، گوشت، جگر گاو، کره، زرده‌ی تخم‌مرغ

❖ ویتامین K

• ساختار

هسته‌ی نفتوکینون

✓ K₁

= فیلو کینون = مِفیتون = فیتو نادینون

یونجه

✓ K₂

= منا کینون =

باکتری‌های روده

✓ K₃

= منادیون =

سنتز

فاقد ریشه‌ی جانبی

✓ K₄



سنتز

... دی‌استات یا دی‌فسفات

- جذب و انتقال

مناکینون: فقط در حضور املاح صفراوی و از طریق لنف

منادیون: بدون حضور املاح و مستقیماً از طریق خون

- متابولیسم

دهیدروژناز و NADPH : هیدروکینون

۳و۲- اپوکسید

اپوکسید ردوکتاز

وارفارین (از انواع دیکومارول‌ها، ضد انعقاد) : مهار آنزیم ردوکتاز

- نقش

- ✓ انعقاد خون

هیدروکینون (در سیستم میکروزومی کبد)

کوآنزیم کربوکسیلاز: گاما-کربوکسیلاسیون گلوتامات

جایگاه مناسبی برای اتصال کلسیم

ایجاد تغییرات پس از ترجمه‌ی فاکتورهای خونی (پروترومبین، II VII IX X)

- ✓ استخوان سازی

۷-کربوکسیلاسیون پروتئین غیر کلاژنی استئوکلسین

- کمبود

علت: اختلال جذب چربی، آنتی‌بیوتیک، ضد انعقاد

- مقادیر

روزانه ۵۰-۶۰ میکروگرم