

ورتکس شده و سپس با دور ۴۰۰۰ rpm برای ۵ دقیقه سانتریفوژ شد. لایه دی‌اتیل اتر دور ریخته شد و ۲۰۰ میکرولیتر از لایه زیرین به لوله جدیدی منتقل شد و سیانوزن بروماید (۰/۳ مولار، ۲۰ میکرولیتر) اضافه گردید و ۱۰ دقیقه در حرارت اتاق گذاشته شد تا تیامین را به تیوکروم تبدیل کند. سود ۱ مولار (۲۰ میکرولیتر) اضافه و برای ۱ دقیقه ورتکس شد و ۲۵ میکرولیتر از آن به ستون HPLC تزریق گردید.

شرایط کروماتوگرافی

آنالیز تیامین با یک روش فاز معکوس شامل پمپ Waters مدل ۵۱۰ با کنترل‌کننده، تزریق‌کننده اتوماتیک Waters مدل ۷۱۷ و ریباب فلورسنت Waters مدل ۴۷۴ صورت گرفت. ستون C_8 Novapak با ابعاد ۲۵۰×۴/۶ میلی‌متر استفاده شد و فاز متحرک شامل متانول: بافر فسفات (۲۰ میلی‌مولار، pH=۶/۹) با نسبت ۵۵:۴۵ و ۰/۰۵٪ سدیم لوریل سولفات بود. قبل از مصرف فاز متحرک با فیلتر ۰/۴۵ میکرون فیلتر شد و در تمام طول کار گاز هلیم در آن دمیده شد. سرعت جریان فاز متحرک ۱ میلی‌لیتر در دقیقه و حجم تزریق ۲۵ میکرولیتر بود. طول موج ریباب فلورسنت برای تحریک ۳۶۵ نانومتر و برای صدور ۴۳۵ نانومتر بود. تمام تزریق‌ها در درجه حرارت آزمایشگاه صورت گرفت.

بازیافت

مقادیر معلومی از تیامین هیدروکلراید به پلاسمای عاری از داروی (بلانک) انسان اضافه شد تا غلظت‌های ۱۰، ۲ و ۱۵ نانوگرم در میلی‌لیتر تهیه شود. سپس فرآیند استخراج صورت گرفت و حجم‌های لازم به ستون HPLC تزریق شد. سطح زیر منحنی حجم‌های برابر از غلظت‌های استخراج شده و استخراج نشده با هم مقایسه گردید. برای هر غلظت استخراج شده و استخراج نشده ۳ نوبت محلول تهیه گردید.

کالیبراسیون، دقت و صحت آزمایش

منحنی کالیبراسیون حاوی تیامین هیدروکلراید در

که علائم شبیه آنسفالوپاتی ایجاد می‌کند^(۱-۳). مطالعات نشان داده است که تجویز تیامین نشانه‌های آنسفالوپاتی ورنیکه را به طور کامل از بین می‌برد^(۴). به منظور ارزیابی ضرورت تجویز تیامین به بیماران همودیالیزی، اندازه‌گیری غلظت پلاسمایی تیامین در ۹ بیمار همودیالیزی انجام گرفته و با افراد سالم، که فرآورده‌های دارویی حاوی ویتامین دریافت نمی‌کنند، مقایسه شد. تعیین غلظت تیامین توسط روش‌های متعدد آنزیمی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی صورت می‌گیرد^(۱-۱۱) ولی به نظر می‌رسد که اندازه‌گیری مستقیم با کروماتوگرافی با کارکرد عالی (High Performance Liquid Chromatography - HPLC) مناسب‌تر باشد^(۱۲، ۱۳). هدف از انجام این پژوهش ابتدا راه‌اندازی یک روش دقیق و حساس برای اندازه‌گیری تیامین با HPLC و سپس ارزیابی این روش با اندازه‌گیری سطح پلاسمایی تیامین در بیماران همودیالیزی و مقایسه آن با داوطلبین سالم ایرانی در جهت تعیین نیاز یا عدم نیاز این بیماران به مکمل‌های حاوی تیامین است.

روش بررسی

در این مطالعه تجربی، از طریق اکسیداسیون تیامین قبل از ورود به ستون و تبدیل آن به تیوکروم و سپس ریبابی آن توسط ریباب فلورسنت، شناسایی صورت گرفت.

تهیه محلول‌های استاندارد

محلول استاندارد تیامین هیدروکلراید در آب مقطر با غلظت ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر تهیه شد و به صورت سریال رقیق شده تا غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ نانوگرم در میلی‌لیتر به دست آید. غلظت اصلی در یخچال با ۴ °C نگهداری شد.

روش استخراج تیامین

به یک میلی‌لیتر پلاسمای تری کلرواستیک اسید (۴۰٪؛ ۱۲۵ میکرولیتر) اضافه شده و برای ۲۰ ثانیه ورتکس شد. مخلوط ۳۰ دقیقه در یخچال نگهداری شده و سپس با دور ۴۵۰۰ rpm برای ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. به ۵۰۰ میکرولیتر از مایع رویی، ۳ میلی‌لیتر دی‌اتیل اتر اضافه شده و ۳۰ ثانیه

آنالیز اطلاعات با استفاده از برنامه SPSS (version ۱۳) و با استفاده از میانگین و خطای معیار صورت گرفته است. در آنالیز تحلیلی نتایج به دست آمده از داوطلبین سالم و بیماران همودیالیزی قبل و بعد از دیالیز از طریق آزمون Student t-test و آنالیز واریانس یک طرفه مورد آزمون قرار گرفته و $p < 0/05$ معنی دار تلقی شده است.

یافته‌ها

غلظت‌های سرمی تیامین پس از مشتق‌سازی توسط سیانورژن بروماید، که تیامین را به تیوکروم تبدیل کرد^(۱۵و۱۴)، با استفاده از روش کروماتوگرافی ذکر شده، اندازه‌گیری شد.

در طیف غلظت ۱ تا ۱۵ نانوگرم در میلی‌لیتر بر اساس ۵ نقطه اندازه‌گیری شده، منحنی استاندارد خطی بوده و از ضریب رگرسیون بالایی برخوردار است ($r^2 = 0/996$) (شکل شماره ۱). زمان باز داری تیامین در ستون حدود ۴/۷ دقیقه بود (اشکال شماره ۵-۲). شکل شماره ۲، کروماتوگرام حاصل از تزریق پلاسمای بلانک انسان با ۱۰ نانوگرم تیامین اضافه شده در آن را نشان می‌دهد. اشکال شماره ۳ و ۴، یک نمونه از کروماتوگرام حاصل از تزریق پلاسمای بیماران قبل و بعد از همودیالیز را نشان می‌دهد. شکل شماره ۵ کروماتوگرام حاصل از تزریق پلاسمای یکی از داوطلبین سالم را نشان می‌دهد. ارزیابی روش حاصل نشان می‌دهد که روش حاضر از دقت کافی با ضریب تغییرات درون روزی و بین روزی بین ۲/۹۴-۰/۸۵٪ برای سه بار تکرار در محدوده غلظت ۱-۱۵ نانوگرم در میلی‌لیتر برخوردار است (جدول شماره ۱ و ۲). میانگین بازیافت تیامین در این روش در سه غلظت مختلف $4 \pm 3/85\%$ بوده است. حداقل غلظت قابل اندازه‌گیری ۰/۲ نانوگرم در میلی‌لیتر است.

میانگین مقادیر تیامین در پلاسمای بیماران بعد از همودیالیز ($4/29 \pm 0/67$) در مقایسه با قبل از همودیالیز ($4/72 \pm 1/12$) کمتر بود؛ اما تفاوت معنی‌داری با افراد سالم ($3/7 \pm 0/68$) نداشت ($p < 0/05$). اشکال شماره ۶ و ۷

محدوده ۱-۱۵ نانوگرم در میلی‌لیتر در پلاسمای رسم شد. استانداردهای کالیبراسیون با اضافه کردن ۲۰ میکرولیتر از محلول‌های استاندارد تیامین هیدروکلراید به ۱ میلی‌لیتر پلاسمای بلانک انسان برای به دست آوردن غلظت‌های نهایی ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ نانوگرم در میلی‌لیتر تهیه شد. سپس فرایند استخراج انجام شد. سطح زیر منحنی تیامین هیدروکلراید در غلظت‌های مختلف برای رسم منحنی استاندارد استفاده گردید. دقت و صحت درون روزی با استفاده از سه غلظت مختلف در پلاسمای بلانک انسان (۱، ۵ و ۱۵ نانوگرم در میلی‌لیتر) تعیین شد و هر غلظت سه بار تکرار شد. همین عمل سه بار با فاصله چند روز برای محاسبه ضرایب تغییرات بین روزی تکرار گردید.

دقت روش با ضریب تغییرات (Coefficient of Variation - CV) سنجیده شد که به شکل زیر محاسبه گردید:

$$\%CV = \frac{\text{Standard deviation}}{\text{Mean measured concentration}} \times 100$$

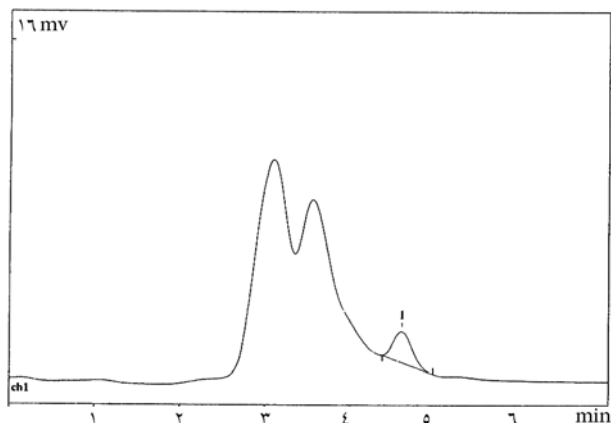
و درصد عدم صحت (% error) نیز به روش زیر محاسبه شد:

$$\text{Mean \% error} = \frac{(\text{Measured concentration} - \text{Expected concentration})}{\text{Expected concentration}} \times 100$$

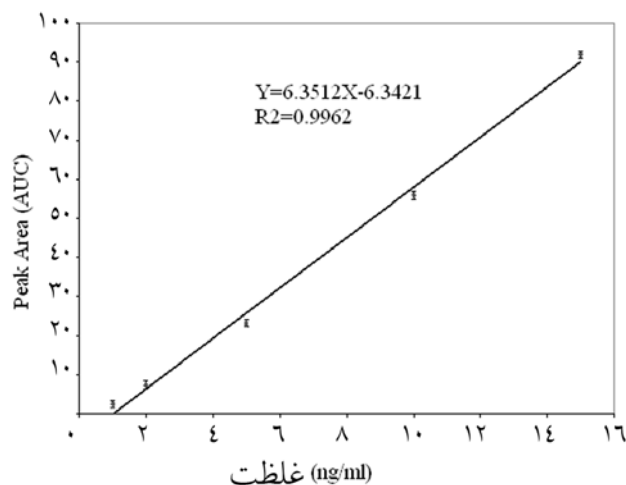
آماده‌سازی نمونه‌های انسانی

به منظور آزمودن روش کروماتوگرافی تهیه شده در اندازه‌گیری تیامین در پلاسمای نمونه‌های خونی از ۹ بیمار همودیالیزی مزمن (۷ مرد و ۲ زن)، با میانگین سنی $28 \pm 0/22$ سال، قبل و بعد از همودیالیز و همچنین از ۱۰ داوطلب سالم مرد (با سن ۲۰-۳۰ سال)، که هیچ فرآورده دارویی حاوی ویتامین مصرف نمی‌کردند، گرفته شد. پروتکل آزمایش توسط کمیته اخلاقی مرکز تحقیقات دارویی رازی تایید شده و تمامی داوطلبین رضایت‌نامه کتبی حاکی از رضایت برای شرکت در این تحقیق امضا کردند. نمونه‌های خونی بافاصله سانتریفوژ شده و در فریزر ۲۰- درجه سانتیگراد تا زمان آزمایش نگهداری شدند.

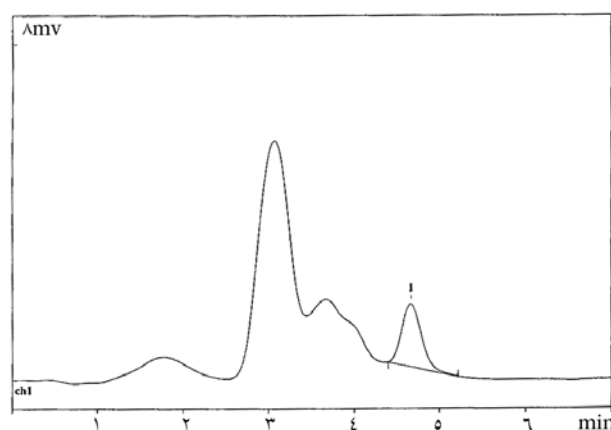
یافته‌های مربوط به بیماران و افراد سالم و چگونگی توزیع آن را نشان می‌دهد.



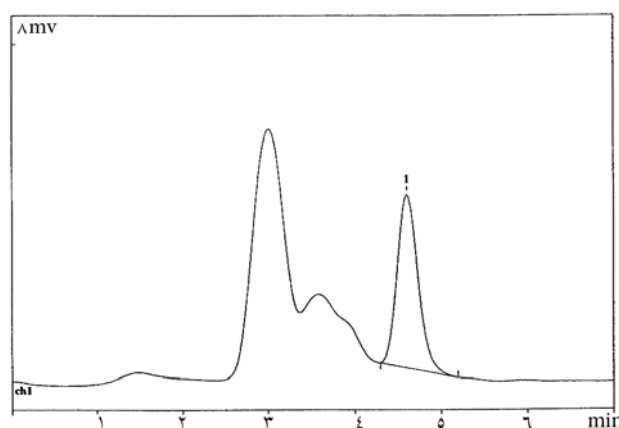
شکل شماره ۴- نمونه کروماتوگرام پلاسمای بیمار بعد از همودیالیز (۱- تیامین)



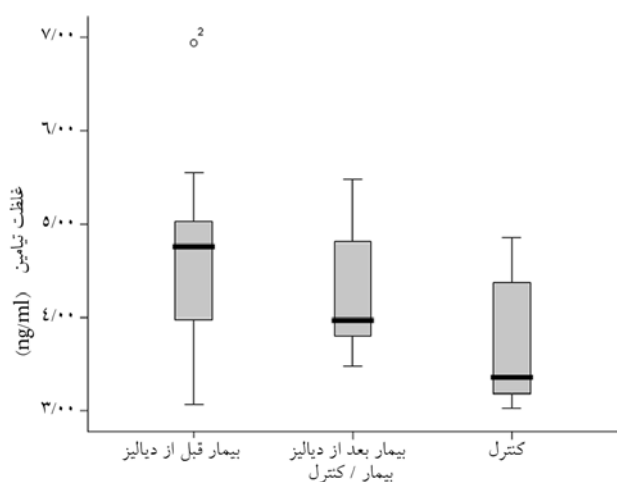
شکل شماره ۱- منحنی استاندارد تیامین هیدروکلراید در پلازما (n=9)



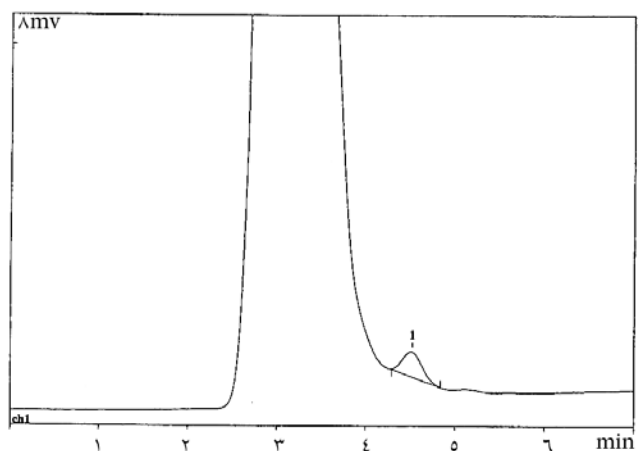
شکل شماره ۵- نمونه کروماتوگرام پلاسمای یکی از داوطلبین سالم (۱- تیامین)



شکل شماره ۲- کروماتوگرام پلاسمای بلانک انسان با ۱۰ نانوگرم در میلی‌لیتر تیامین افزوده شده (۱- تیامین).

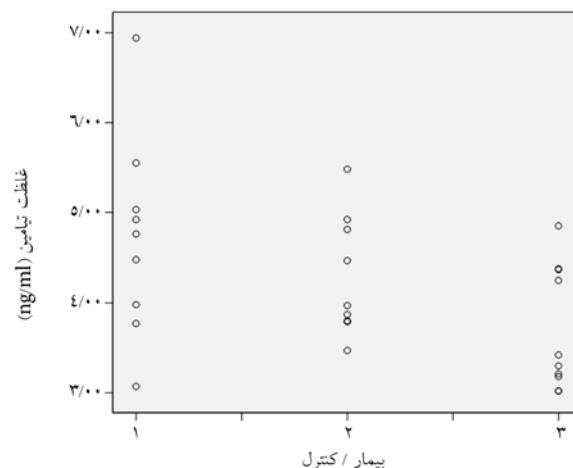


شکل شماره ۶- غلظت‌های تیامین (بر حسب نانوگرم در میلی‌لیتر) در پلاسمای گروه‌های بیماران و کنترل



شکل شماره ۳- نمونه کروماتوگرام پلاسمای بیمار قبل از همودیالیز (۱- تیامین)

به عنوان نشانگر میزان تیامین بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد^(۱۶). به طور کلی، فعالیت پایین‌تر از نرمال آنزیم و افزایش این فعالیت با تجویز مقادیر زیاد تیامین دی فسفات نشان‌دهنده کمبود تیامین است (این پدیده به اثر تیامین دی فسفات مشهور است). آزمون ترانس کیتولاز که یک نشانگر غیرمستقیم میزان تیامین بدن است، با محدودیت‌هایی همراه است. استاندارد کردن آن مشکل است^(۱۷)، بیماری کبد می‌تواند تولید آپو آنزیم و فسفریلاسیون آن را مختل کند^(۱۸). برخی واریاسیون‌های آپو آنزیم نشان داده شده است که تمایل کمتری برای تیامین دارند و بنابراین اثرات تیامین دی فسفات کمتر مشاهده می‌شود^(۱۹). کمبود طولانی مدت تیامین ممکن است منجر به کاهش تولید آپو آنزیم شده و اثر تیامین دی فسفات را کاهش دهد^(۲۰)، به صورتی که مقادیر کم به طور دقیق منعکس‌کننده غلظت تیامین نیست بلکه سطح پایین آپو آنزیم را نشان می‌دهد^(۲۱). این مشکلات در تفسیر نتایج می‌تواند منجر به انحراف در تخمین مقادیر تیامین شود. به علت غیر دقیق بودن این روش‌ها، روش‌های کروماتوگرافی برای اندازه‌گیری تیامین مطرح شد که در نهایت اندازه‌گیری مستقیم تیامین در گلوبول‌های قرمز را توسط کروماتوگرافی با کارکرد عالی مقذور ساخت^(۱۸). جداسازی تیامین با کروماتوگرافی پدیده تازه‌ای نیست. لوین و وای در ۱۹۶۶ با کروماتوگرافی کاغذ، استرهای تیامین را جدا کردند^(۲۲). بعدها روش کروماتوگرافی لایه نازک، کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی مایع نیز برای جداسازی تیامین مورد استفاده قرار گرفت^(۲۳-۲۵). اکسیداسیون قلیایی تیامین که باعث ایجاد تیوکروم که شدیداً فلورسنت است می‌شود، اولین بار توسط برگر و همکاران در ۱۹۳۵ بیان شد^(۲۶). واکنش اکسیداسیون تحت شرایط خاصی سریع است و در کمتر از ۱۵ ثانیه کامل می‌شود^(۲۷). این واکنش پایه روش شیمیایی اندازه‌گیری تیامین می‌باشد^(۲۸،۲۹). تعدادی معرف برای اکسیداسیون تیامین به تیوکروم استفاده



شکل شماره ۷- چگونگی توزیع غلظت‌های تیامین (برحسب نانوگرم در میلی‌لیتر پلاسما) در گروه بیماران و کنترل (۱- قبل از همودیالیز، ۲- بعد از همودیالیز و ۳- افراد سالم)

جدول شماره ۱- ضرایب تغییرات بین روزی در اندازه‌گیری تیامین

غلظت افزوده شده (نانوگرم در میلی‌لیتر) ng/ml	تیامین هیدروکلراید		درصد عدم تغییرات %	صحت
	دفعات تکرار	غلظت اندازه‌گیری شده (میانگین ± خطای استاندارد) ng/ml		
۱	۳	۱/۰۲±۰/۰۳	۲/۹۴	۲
روز اول	۳	۱/۰۵±۰/۰۳	۲/۸۶	۵
روز دوم	۳	۱/۰۵±۰/۰۲	۱/۹۰	۵
روز سوم	۳	۴/۶۶±۰/۰۵	۱/۰۷	-۶/۸
روز اول	۳	۴/۴۶±۰/۰۱	۰/۲۲	-۱۰/۸
روز دوم	۳	۴/۷۱±۰/۰۸	۱/۷۰	-۵/۸
روز سوم	۳	۱۵/۳۰±۰/۱۵	۱/۲۴	۲
روز اول	۳	۱۵/۳۷±۰/۰۶	۰/۳۹	۲/۵
روز دوم	۳	۱۵/۳۱±۰/۱۴	۰/۹۱	۲/۱
روز سوم	۳			

جدول شماره ۲- ضرایب تغییرات درون روزی در اندازه‌گیری تیامین

غلظت افزوده شده (نانوگرم در میلی‌لیتر) ng/ml	تیامین هیدروکلراید		درصد عدم تغییرات %	صحت
	دفعات تکرار	غلظت اندازه‌گیری شده (میانگین ± خطای استاندارد) ng/ml		
۱	۳	۱/۰۴±۰/۰۳	۲/۸۸	۴
روز اول	۳	۴/۶۱±۰/۱۲	۲/۶۰	-۷/۸
روز دوم	۳	۱۵/۳۳±۰/۱۷	۰/۸۵	۲/۲
روز سوم	۳			

بحث

فعالیت آنزیم ترانس کیتولاز در اریتروسیت‌ها هنوز

روش استفاده از ستون PRP-1 بود که نسبت به تغییرات pH از ۱ تا ۱۲، بسیار پایدار است و خرابی سریع ستون که با pH بالا در ستون‌های silica based دیده می‌شود، در این ستون دیده نمی‌شود^(۳۳). روش‌های متعدد کروماتوگرافی با کارکرد عالی، اجازه آنالیز سریع و اختصاصی تیامین در مایعات بیولوژیک را داده‌اند. علی‌رغم روش‌های متعددی که استفاده شده است، انتخاب روشی برای آنالیز تیامین در پلاسما برای مقادیر بسیار کم (در حدود ۱ نانوگرم در میلی‌لیتر) بسیار مشکل بود. استفاده از اکسیداسیون قلیایی برای تشکیل تیوکروم برای تعیین مقدار کمی تیامین بسیار حائز اهمیت است، که در این تحقیق برای اکسیداسیون از پتاسیم فری سیانید قلیایی و سیانوژن بروماید قلیایی هر دو استفاده گردید و از آنجایی که نتایج به دست آمده با سیانوژن بروماید از دقت بیشتری برخوردار بود، از سیانوژن بروماید در محیط قلیایی برای اکسیداسیون تیامین به تیوکروم استفاده گردید.

روش به دست آمده، روشی حساس و دقیق برای اندازه‌گیری تیامین در پلاسمای انسان است. انتخابی بودن، دقت و صحت روش (جدول شماره ۱ و ۲) و توانایی آن در سنجش غلظت‌های مورد انتظار در خون انسان (حد غلظت قابل اندازه‌گیری ۰/۲ نانوگرم در میلی‌لیتر) به علاوه زمان بازداری کوتاه آن در ستون، این روش را روشی مناسب جهت پایش سطح تیامین در بیماران مزمن کلیوی می‌سازد.

تجویز مولتی‌ویتامین‌ها برای بیماران دیالیزی در مراکز دیالیز به صورت روتین انجام می‌شود. غلظت پلاسمایی تیامین، نشانگری مناسب برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای بیماران است. سطح پلاسمایی تیامین در گروهی از بیماران با استفاده از روش فوق تعیین گردید. از محدودیت‌های این پژوهش، مشکل بودن تعیین غلظت تیامین در پلاسما بود که به دلیل کمبود امکانات با صرف وقت زیاد صورت گرفت. این مطالعه نشان می‌دهد که سطح میانگین تیامین در

می‌شود؛ پتاسیم فری سیانید ($K_3Fe(CN)_6$) که مشهورترین آن‌هاست، سیانوژن بروماید (BrCN) که کار با آن می‌تواند خطرناک باشد و مرکوریک کلراید ($HgCl_2$) که شدت فلورسانس بیشتری تولید می‌کند ولی به اندازه پتاسیم فری سیانید پایدار نیست. اکسیداسیون قلیایی پتاسیم فری سیانید باعث تشکیل هیدروکسی اتیل تیامین می‌شود که اکسیداسیون با سیانوژن بروماید چنین مشتقی را ایجاد نمی‌کند^(۱۳) که این تفاوت در اندازه‌گیری تیامین حائز اهمیت است. انتخاب روش تشکیل تیوکروم قبل از ستون به این دلیل است که در مقایسه با بعد از ستون، پیک‌های تمیزتری با کیفیت بهتر به دست می‌آید و در عین حال نیاز به وسایل اضافی ندارد^(۱۲). اگرچه در اکسیداسیون بعد از ستون این امتیاز وجود دارد که چون pH مورد نیاز برای اکسیداسیون تیامین بالای ۸ است و این pH به ستون HPLC صدمه می‌زند، با اکسیداسیون بعد از ستونی، عمر ستون با فاز متحرک قلیایی طولانی‌تر خواهد بود. در روش‌های مدرن کروماتوگرافی با کارکرد عالی برای اندازه‌گیری تیامین اولین بار در ۱۹۷۸، روزر و همکاران در فاز نرمال تیامین را اندازه‌گیری کردند^(۳۰). از اکسیداسیون قبل از ستون و با استفاده از پتاسیم فری سیانید و ردیابی با دکتور فلورسنت، جداسازی صورت گرفت. دقت جداسازی ۰/۰۳ میکروگرم در میلی‌لیتر بود، که در مقایسه با روش به کار گرفته شده در مطالعه حاضر، از ۱۵۰ برابر دقت کمتر برخوردار است (حد غلظت قابل اندازه‌گیری در مطالعه حاضر ۰/۲ نانوگرم در میلی‌لیتر است). در ۱۹۸۴ بونت‌مپت با یک تکنیک، فاز معکوس تیامین را شناسایی کرد^(۳۱). تحت شرایط مورد استفاده، پتاسیم فری سیانید و NaOH تاثیر زیادی بر سطح زیر منحنی و زمان بازداری تیامین دارند. در ۱۹۸۵ وبر و کویتز با روش فاز نرمال، تیامین موجود در پلاسما را اندازه گرفتند^(۳۲) و بتندورف و همکاران با استفاده از روش فاز معکوس ایزوکراتیک اندازه‌گیری کردند^(۳۳). زمان بازداری تیامین طولانی بود. امتیاز این

مطالعه حاضر نشانگر این مطلب است که تجویز تیامین به همه بیماران همودیالیزی ضرورت ندارد و فقط زمانی که میزان ویتامین‌های محلول در آب در این بیماران کاهش یافته باشد، در حد دوز روزانه مورد نیاز توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

این مطالعه تحت حمایت مالی مرکز تحقیقات علوم دارویی رازی و معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی ایران (طرح شماره ۸۵/م ت) انجام شده است. نویسندگان وظیفه خود می‌دانند که از معاونت محترم پژوهشی در این خصوص صمیمانه تشکر نمایند.

این تحقیق در سال ۱۳۸۵ در کنگره بین‌المللی فیزیولوژی و فارماکولوژی (IUPHAR) در کشور چین، پکن ارائه شده است.

بیماران ایرانی همودیالیزی به صورت معنی‌دار با داوطلبین سالم ایرانی تفاوتی ندارد و سطح تیامین خون نیز بعد از همودیالیز تغییر چندانی نداشته است. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که تجویز ویتامین به این بیماران ضروری نیست و فقط زمانی که میزان ویتامین‌های محلول در آب در این بیماران کاهش یافته باشد، در حد دوز روزانه مورد نیاز و مقدار توصیه شده روزانه (Recommended Dietary Intake - RDI) تجویز شود.

نتیجه گیری

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری تیامین در مایعات بیولوژیک با استفاده از کروماتوگرافی با کارکرد عالی گزارش شده است. روش حاضر در مقایسه با روش‌های موجود، از حساسیت و دقت بیشتر و زمان بازداری کوتاه‌تر تیامین در ستون برخوردار است و برای پایش روتین تیامین در بیماران کلیوی مناسب به نظر می‌رسد.

فهرست منابع

- 1- Hung SC, Hung SH, Tarng DC, Yang WC, Chen TW, Huang TP. Thiamin deficiency and unexplained encephalopathy in hemodialysis and peritoneal dialysis patient. *Am J Kidney Dis* 2001; 38(5): 941-7.
- 2- Ihara M, Ito T, Yanagihara C, Nishimura Y. Wernicke's encephalopathy associated with hemodialysis: report of two cases and review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg* 1999; 101: 118-21.
- 3- Ueda K, Takada D, Mii A, Tsuzuku Y, Saito SK, Kaneko T, et al. Severe thiamin deficiency resulted in Wernicke's encephalopathy in a chronic dialysis patient. *Clin Exp Nephrol* 2006; 10(4):290-3.
- 4- Allman MA, Truswell AS, Tiller DJ, Stewart PM, Yau DF, Horvath JS, et al. Vitamin supplementation of patients receiving hemodialysis. *Med J Aust* 1989; 150(3): 130-3.
- 5- Boeschoten EW, Schrijver J, Krediet RT, Schreurs WH, Arisz L. Deficiencies of vitamins in CAPD patients: the effects of supplementation. *Nephrol Dial Transplant* 1988; 3(2): 187-93.
- 6- Esi Y, Koyaman S, Shikata H, Kawasaki K. Content of thiamin phosphate esters in mammalian tissues - an extremely high concentration of thiamin

- triphosphate in pig skeletal muscle. *Biochem Int* 1986; 12: 385-390.
- 7- Miyoshi K, Esi Y, Shioda T, Kawasaki T. Evidence for in vivo synthesis of thiamin triphosphate by cytosolic adenylate kinase in chicken skeletal muscle. *J Biochem* 1990; 108: 267-270.
- 8- Bettendorf L, Peeters M, Win P, Schoffeniels E. Metabolism of thiamin triphosphate in rat brain: correlation with chloride permeability. *J Neurochem* 1993; 193: 423-434.
- 9- Bettendorf L, Hennuy B, DeClarck A, Wins P. Chloride permeability of rat brain membrane vesicles correlates with thiamin triphosphate content. *Brain Res* 1994; 652: 157-160.
- 10- Shikata H, Esi Y, Koyama S, Yamada K, Kawasaki T. Properties of the thiamin triphosphate-synthesizing activity catalyzed by adenylate kinase (isoenzyme 1). *Biochem Int* 1989; 8: 943-949.
- 11- Esi Y, Koyama S, Shioda T, Yamada K, Kawasaki T. Identification, purification and reconstitution of thiamin metabolizing enzymes in human red blood cell. *Biochem Biophys Acta* 1992; 1160: 171-178.

- 12- Ishii K, Sarai K, Sanemori H, Kawasaki T. Analysis of thiamin and its phosphate esters by high-performance liquid chromatography. *Anal Biochem* 1979; 97: 191-195.
- 13- Morita M, Kanaya T, Minesita T. Simultaneous determination of thiamin and 2- (1-hydroxy ethyl) thiamin in biological materials. *J Vitaminol* 1969; 15: 116-125.
- 14- Wyatt DT, Lee M, Hillman RE. Factors affecting a cynogen bromide-based assay of thiamin. *Clin Chem* 1989; 35: 2173-2178.
- 15- Sanemori H, Kawasaki T. Purification and properties of thiamin pyrophosphokinase in paracoccus denitrificans. *J Biochem* 1980;88:223-230.
- 16- Gibson S Thiamin. Gibson S, editor. *Principles of Nutritional Assessment*. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 1990, p.424.
- 17- Baines M, Davies G. Standards of thiamin diphosphate effect. *Ann Clin Biochem* 1988; 25:698.
- 18- Fennelly J, Frank O, Baker H, Leevy C. Metabolism of thiamin triphosphate. *Am J Clin Nutr* 1967;20:946.
- 19- Kaczmarek MJ, Nixon PF. Properties of the thiamin triphosphate-synthesizing activity of adenylate kinase. *Clin Chem Acta* 1983;130:349.
- 20- Bailey AL, Finglas PM, Wright AJA, Southon S. Vitamin supplementation *Br J Nutr* 1994;72:111.
- 21- Kjoson B, Seim SH. Thiamin in methods of vitamin Assay. *Am J Clin Nutr* 1977;30:1591.
- 22- Levin LM, Wei R. High performance liquid chromatographic analysis of thiamine & riboflavin in dietetic foods. *Anal Biochem* 1966;16:29.
- 23- Waring PP, Goad WC, Ziporin ZZ. Modified thiochrome procedure for the determination of urinary thiamin. *Anal Biochem* 1968;24:185.
- 24- Schlemmer W, Kammerl E. Vitamin analysis for the health & food sciences. *J Chrom* 1973;82:142.
- 25- Van De Weerdhof T, Wiersum ML, Reissenweber H. Content of Thiamin Phosphate esters in mammalian tissues. *J Chrom* 1973;83:455.
- 26- Berger G, Bergel F, Todd AR. Evidence for in vivo synthesis of thiamin triphosphate by cytosolic adenylate kinase in skeletal muscle. *Nature* 1935;136:259.
- 27- Wiolders JPM, Mink CYK. Chemical derivitization of thiamine. *J Chrom* 1983;277:145.
- 28- Defibaugh PW, Smith JS, Week CM. Simultaneous determination of thiamin and its metabolite in biological fluids. *J AOAC JNT* 1977;60:522.
- 29- Sebecic B, Vedrına-Dragojevic J. Oxidative derivitization of thiamin. *Nahrung* 1989;30:527.
- 30- Roser RL, Andrist AH, Harrington WH, Nation HK, Lonsdale D. A new method for detection of thiamin in plasma. *J Chrom* 1978;146:43.
- 31- Bontemps J, Philippe P, Bettendorff L, Lombert J, Dandrifosse G, Schoffeniels E. Reverse phase chromatography of thiamin esters. *J Chrom* 1984;307:283.
- 32- Weber W, Kewitz H. Analysis of thiamin with normal phase by high-performance liquid chromatography. *Eur J Clin Pharmacol* 1985;28:213.
- 33- Bettendorff L, Grandfils C, De Rycker C, Schoffeniels E. Analysis of thiamin with reverse phase chromatography. *J Chrom* 1982;382:297.

Determination of Thiamin Level by a Sensitive HPLC Method in Plasma of Chronic Hemodialysis Patients

*M. Motevalian, PhD^I E. Souri, PhD^{II} N. Tafreshi, PharmD^{III}
 H. Jalalizadeh, PhD^{IV} M. Mahmoudian, PhD^V

Abstract

Background and Aim: Renal replacement therapies are usually associated with changes in trace elements and metabolism of vitamins. Multivitamins are administered routinely to dialysis patients in dialysis centers. Thiamin plasma level is a good indicator of nutritional state of the patient. In this study, a sensitive high-performance liquid chromatography HPLC method for determination of the concentration of thiamin in human plasma has developed by which thiamin level is detected in plasma of hemodialysis patients. The aim of the study was determination of thiamin blood levels in chronic hemodialysis patients in order to evaluate their need for thiamin supplements.

Materials and Methods: In this experimental study, the plasma of nine Iranian patients on hemodialysis were analyzed for their thiamin levels and compared to the thiamin levels in a group of healthy Iranian subjects. The procedure was based on pre-column oxidation of thiamin to thiochrome followed by fluorescence detection. Plasma (1ml) was deproteinized with trichloroacetic acid and thiamin was extracted with diethyl ether. Then, cyanogens bromide (0.3 M) was added to convert thiamin to thiochrome. Samples (25µl) were applied to a Novapak C₈, 4µm (4.6 × 250 mm) column. The mobile phase consisted of methanol: phosphate buffer (30mM) in the ratio of 45:55 and 0.05% sodium lauryl sulfate. Data were analyzed using SPSS V13. Statistical analysis was done by t-test and One-way Anova test.

Results: A precise and reproducible HPLC method was developed for determination of thiamin in plasma. The minimum detection limit was 0.2 ng/ml and percentage recovery was 85%. Inter and Intra day assay variabilities were determined for 1,5 and 15 ng/ml thiamin spikes in plasma and coefficient of variations were in the range 0.2-2.94%. The average plasma thiamin level in 10 healthy Iranian subjects was 3.07±0.95 ng/ml and in Iranian patients was 4.72±1.12 ng/ml and 4.29±0.67 ng/ml before and after hemodialysis, respectively. Our study has shown that the mean plasma thiamin level in Iranian patients on hemodialysis has no significant difference with its level in healthy Iranian subjects. The thiamin level also remained unchanged before and after the hemodialysis.

Conclusion: The HPLC method used for determination of thiamin in plasma was sensitive, accurate, reproducible and suitable for kinetic studies of thiamin. According to our findings the thiamin level in patients undergoing hemodialysis has no significant difference with healthy subjects and it seems that dietary vitamin is sufficient for the normal functions of the body, and taking vitamin supplementation is not necessary for these patients.

Key words: 1) Thiamin 2) High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
 3) Plasma Level 4) Hemodialysis

This study has been conducted under the financial support of the undersecretary of Research of Iran University of Medical Sciences and Health services and Razi Research Institute for Pharmaceutical Science. It has also been presented in the International Congress of Physiology and Pharmacology (IUPHAR) held in Beijing - China in 2006.

I) Assistant Professor of Pharmacology, Faculty of Medicine, Crossing of Hemmat and Chamran Expressways, Iran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran (*Corresponding Author)

II) Associate Professor of Pharmacy, School of Pharmacy and Research Institute for Pharmaceutical Science, Tehran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran

III) Pharmacist, Azad Islamic University, Tehran, Iran

IV) Assistant Professor of Pharmacy, School of Pharmacy and Research Institute for Pharmaceutical Science, Tehran University of Medical Sciences and Health services, Tehran, Iran

V) Professor of Pharmacology, Iran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran