

مقایسه اثر سه نوع رژیم غذایی پر چربی، پر پروتئین و کم کالری بر بیان ژن های Klotho و TGF- β در کبد و سرم خون موش های صحرایی نر پیر نژاد ویستار

احمد مصطفی رحیمی^{۱*}، آناهید شفیعی^۱، فاطمه نبوی زاده^۱، قربانگل اصحابی^۲

۱- گروه فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۲- گروه فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه البیرونی، افغانستان

۳- استادیار گروه فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. پست الکترونیکی: gh-ashabi@tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۹/۴/۴

چکیده

سابقه و هدف: رژیم های غذایی نقش مهمی در سلامت انسان و جلوگیری از فرایند پیری دارد. بررسی حاضر میزان پروتئین ضد پیری Klotho را در سرم خون و بیان ژن Klotho و سطح پروتئین های TGF- β (Transforming growth factor- β) و PDGF (Platelet-derived growth factor) را در کبد موش های پیر درمان شده با رژیم های غذایی متفاوت (پر چربی، پر پروتئین، کم کالری، پر پروتئین - کم کالری) نشان می دهد.

مواد و روش ها: بیست و پنج عدد موش ۲۰ ماهه نژاد ویستار به ۵ گروه کنترل پیر (دریافت کننده غذای نرمال)، گروه دریافت کننده غذای پر چربی، پر پروتئین، کم کالری و پر پروتئین - کم کالری تقسیم شدند، همچنین یک گروه موش های جوان ۶ ماهه هم به عنوان گروه کنترل بالغ در نظر گرفته شد. موش ها به مدت ۱۰ هفته با رژیم های غذایی درمان شدند. سطح سرمی پروتئین Klotho و بیان ژن Klotho به وسیله روش Real-time PCR و سطح پروتئین های TGF- β و PDGF در کبد به وسیله کیت های مخصوص الایزا اندازه گیری شد.

یافته ها: مقدار پروتئین Klotho در سرم و بیان ژن آن در کبد موش های درمان شده با رژیم غذایی پر پروتئین و رژیم کم کالری نسبت به گروه موش های پیر نرمال افزایش پیدا کرده بود ($P=0/000$). میزان فاکتورهای کبدی TGF β و PDGF در رژیم غذایی پر پروتئین و رژیم کم کالری نسبت به موش های نرمال پیر افزایش معنی داری پیدا کرده است ($P=0/000$).

نتیجه گیری: بررسی حاضر نشان داد که رژیم های غذایی مختلف در افراد مسن بسیار مهم و تعیین کننده می باشد. به طور کلی رژیم کالری محدود با پروتئین زیاد اثرات مفیدتری نسبت به رژیم های بررسی شده دیگر، بر روی فاکتور ضد پیری دارد. همچنین این رژیم ها می توانند عملکرد کبد را تحت تأثیر قرار داده و فاکتورهای حفاظتی را در آن زیاد کنند. مطالعات آتی نیازمند استفاده از مهار کننده های ژن Klotho می باشد تا اثرات مستقیم این ژن را در پیری مورد بررسی قرار دهد.

واژگان کلیدی: پیری، Klotho، TGF β ، رژیم غذایی پر پروتئین، رژیم غذایی پر چربی، رژیم غذایی کم کالری

• مقدمه

اشتها از بین می رود و در بسیاری مواقع حتی میل به نوشیدن آب نیز کم می شود. در چنین شرایطی سوء تغذیه یکی از بیماری های رایج افراد مسن است؛ سوء تغذیه ناشی از پیری بیماری است که بسیاری آن را چندان جدی نمی گیرند (۱). یک بررسی در کشور آلمان نشان داد که حدود ۱/۶ میلیون نفر در سنین بالای ۶۰ سال از سوء تغذیه مزمن رنج می برند. پس تغذیه کافی و سالم برای افراد مسن ضروری می باشد. امروزه رژیم های مختلف گیاه خواری، پروتئین خواری، خام خواری و محدود کردن کالری دریافتی برای افراد مسن

دوران پیری، واپسین سال ها و روزهای زندگی است که پس از پیمودن دوره های مختلف رشد، از کودکی گرفته تا نوجوانی و جوانی و میانسالی، در تقویم زندگی فرد پدیدار شده و آدمی را در شرایطی متفاوت با دوره های پیشین قرار می دهد. بررسی ها نشان می دهد که بیماری های مختلف قلبی عروقی، مغزی و هورمونی در طی پیری رخ می دهند و ممکن است این عوامل سبب مرگ در افراد شود. امروزه مطالعات گسترده ای در خصوص پیشگیری و یا به تعویق انداختن پیری در حال انجام می باشد (۴-۱). در سنین پیری و سالمندی

کالری و پرپروتئین-کم کالری پر چربی به مدت ۱۰ هفته استفاده کردیم تا میزان پروتئین ضد پیری Klotho را در سرم خون و بیان ژن Klotho در کبد و همچنین سطوح پروتئین‌های کبدی TGF- β 1 (Transforming growth factor- β 1) و PDGF (Platelet-derived growth factor) را در این موش‌ها بررسی نماییم.

• مواد و روش‌ها

نگهداری از حیوانات: در این تحقیق از ۲۵ موش صحرایی نر بیست ماهه پیر و ۵ موش صحرایی نر شش ماهه به عنوان گروه جوان و بالغ نژاد ویستار با میانگین وزنی ۴۵۰-۵۵۰ گرم برای موش‌های پیر و میانگین وزنی ۳۵۰-۴۰۰ گرم برای موش‌های بالغ شش ماهه استفاده شد. این حیوانات از مرکز حیوانات دانشگاه علوم پزشکی تهران تهیه شدند و در قفس‌های استاندارد پلی کربنات شفاف مخصوص نگهداری حیوانات به صورت گروه‌های ۱ تا ۴ تایی قرار می‌گیرند. همچنین غذا و آب مناسب در دسترس آنها قرار داده شد. محل نگهداری حیوانات از نظر شرایط فیزیکی دوره روشنایی- تاریکی دوازده ساعته (۷ شب تا ۷ صبح) می‌باشد. دما 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد و بدون هرگونه سروصدا و آلودگی بود. همه آزمایشها و مداخلات انجام شده مطابق با دستورالعمل وزارتخانه‌ای کار با حیوانات آزمایشگاهی بوده است و از سوی کارگروه اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تهران بررسی و مورد تأیید قرار گرفت (IR.TUMS.MEDICINE.REC.1398.195)

گروه بندی حیوانات و پروسه درمانی: موش‌ها به صورت تصادفی به ۶ گروه پنج تایی تقسیم شدند. گروه (۱) گروه کنترل بالغ، موش‌های ۶ ماهه بالغی بودند که غذای عادی دریافت کردند. (۲) گروه کنترل پیر، موش‌های ۲۰ ماهه پیری بودند که رژیم غذایی پر پروتئین را به مدت ۱۰ هفته دریافت کردند. (۳) گروه پرچربی، موش‌های پیری بودند که رژیم غذایی پر چربی را به مدت ۱۰ هفته دریافت کردند. (۴) گروه پرپروتئین، موش‌های پیری بودند که رژیم غذایی پرپروتئین را به مدت ۱۰ هفته دریافت کردند. (۵) گروه کم کالری، موش‌های پیری بودند که غذای کم کالری را به مدت ۱۰ هفته دریافت کردند. (۶) گروه پرپروتئین-کم کالری، موش‌های پیری که رژیم غذایی پر پروتئین-کم کالری را به مدت ۱۰ هفته دریافت کردند. تعداد ۵ راس موش در هر گروه قرار داشت. موش‌ها به مدت ۱۰ هفته رژیم غذایی پر چربی و یا پرپروتئینی به همراه و یا بدون رژیم کم کالری دریافت کردند و در روز هفتاد و یکم موش‌ها کشته شد، کبد و خون آنها گرفته و جدا شد (۱۶، ۱۷).

پیشنهاد می‌شود ولی با توجه به افول عملکرد دستگاه گوارش هر کدام از این رژیم‌ها اثرات سوء خود را نشان می‌دهند و بررسی‌ها هنوز ادامه دارد. مهمترین اثرات کاهش عملکرد دستگاه گوارش، کاهش روند پروتئین سازی در کبد و در نتیجه ضعف جسمانی می‌باشد. در نتیجه عملکرد ضعیف کبد، میزان کل پروتئین بدن در طی پیری کاهش می‌یابد و این کاهش سبب عارضه‌های گوناگون از جمله بروز زوال عقلی در مغز می‌شود (۷-۵). در سالهای اخیر، ارتباط کبد و پیری بسیار مورد توجه قرار گرفته است و محققان دریافته‌اند که نارسایی کبدی، فیبروز و کنتوز کبدی و چاقی ناشی از رژیم غذایی بر روی فاکتورهای روانی از جمله اضطراب، و همچنین بر روی حافظه نقش مهمی دارند (۸).

همچنین در طی پیری، کبد توانایی متابولیزه کردن کلسترول را از دست داده و این کلسترول مازاد سبب کاهش فعالیت‌های نورونی و رسوب در دیوار رگ‌های اندام‌های مختلف بدن می‌گردد. میزان کلسترول در کبد با افزایش سن زیاد می‌شود (۹). تغییرات سلول‌های کبدی مرتبط به سن شامل تغییر اندازه، تراکم سلول‌های کبدی، کاهش اندوپلاسمیک رتیکولوم صاف و کاهش تعداد و عملکرد میتوکندری می‌باشد. لیبوفوشین از تخریب پروتئین‌ها با پیش رفت سن بوجود می‌آید و در داخل سلول‌های کبدی قابل تخریب نمی‌باشد. در نتیجه منجر به مشتقات فعال اکسیژن شده و عمر سلول‌های کبدی را کاهش می‌دهد (۱۰).

کاهش یا افزایش پروتئین‌های التهابی در کبد سبب تغییرات عمده‌ای در عملکرد کبد در طی روند پیری می‌شود و تغذیه می‌تواند با کاهش دادن تغییرات گسترده در این پروتئین‌ها تا حدودی مرگ سلولی و متعاقباً روند پیری را به تعویق بیاورد (۱۲، ۱۱) ولی رژیم غذایی کارآمد و مفید برای این سن از زندگی تا کنون به طور دقیق معرفی نشده است. بسیاری از دانشمندان، رژیم پرپروتئین را پیشنهاد داده‌اند در صورتی که برخی محدودیت کالری دریافتی را عامل ضد پیری می‌دانند (۱۳). ولی در هیچکدام از این رژیم‌های پیشنهادی، ملکولهای درگیر به درستی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند و تنها مطالعات شناختی و رفتاری بر روی انسان‌ها و حیوانات انجام شده است (۱۴، ۱۵). با توجه به عوامل فوق و اهمیت عملکرد کبد از طریق ساخت پروتئین و متابولیسم چربی علی‌الخصوص در طی پیری، بر آن شدیم تا رژیم‌های غذایی مختلف را بر روی عملکرد فاکتورهای ملکولی کبد در موش‌های پیر بررسی نماییم. به همین منظور، از موش‌های نر پیر ۲۰ ماهه با رژیم‌های غذایی پر چربی، پر پروتئینی، کم

سطح Klotho در سرم خون توسط کیت ELISA (Abcam, Cambridge, MA, USA) مطابق پروتکل شرکت تولید کننده اندازه‌گیری شد. سطح TGF- β 1 و PDGF توسط روش اندازه‌گیری جذب در ۴۰۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

روش RT-PCR: مجموع ۲۰ μ l از مسترمیکس سایبر گرین (TAKARA)، پرایمر مخصوص ژن Klotho، نمونه cDNA و آب تهیه کرده و در دستگاه Real-Time PCR میزان بیان هر ژن را با توجه به میزان بیان ژن β -actin که یک housekeeping gene می‌باشد، سنجیده شد. آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار Relative Expression Software Tool (REST)-XL انجام گردید. پرایمر ژن‌های Klotho و β -actin در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. توالی و اندازه پرایمرهای Klotho و β -actin که به

منظور اندازه‌گیری بیان ژن Klotho در کبد موش‌های تحت آزمایش طراحی شد.

نام پرایمر	نوع توالی	توالی (5' → 3')
Klotho	Forward	CGTGAATGAGGCCTCTGAAAGC
	reverse	GAGCGGGTCACTAAGCGAATACG
β -actin	Forward	TGTTGTCCCTGTATGCCTCT
	reverse	TAATGTTACGCACGATTTC

مشخصات ابزار جمع آوری اطلاعات و نحوه آنالیز آن:

داده‌ها در همه گروه‌های مورد آزمایش با استفاده از روش *ANOVA One-way* آنالیز شدند. اختلاف معنی‌داری هر گروه با آزمون *Post-hoc Tukey* مشخص گردید و داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف از معیار بیان شد. $P < 0/05$ سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار *SPSS version 14* انجام گردید.

• یافته‌ها

بررسی اثر رژیم‌های غذایی پر چربی، پر پروتئین و رژیم کم کالری بر سطح سرمی فاکتور Klotho و بیان ژن Klotho در کبد موش‌های تحت آزمایش: داده‌ها در شکل ۱ نشان می‌دهد که میزان پروتئین سرمی Klotho در در گروه پیر نسبت به گروه جوان کاهش معنی‌داری داشته است ($P=0/000$). بررسی‌های ما نشان می‌دهد که رژیم غذایی پر پروتئین، کم کالری و پر پروتئین - کم کالری سبب افزایش این پروتئین در سرم خون موش‌ها در مقایسه با گروه کنترل پیر شده است ($P=0/000$). همچنین یافته‌های بیان ژنی توسط *RT-PCR* که در جدول ۳ آمده است، موید این مطلب هست که رژیم غذایی پر چربی سبب کاهش میزان

پروتکل رژیم غذایی: موش‌های کنترل بالغ و پیر مقدار ۵ گرم به ازای هر صد گرم وزن بدن غذایی عادی را هر روز به مدت ۱۰ هفته دریافت نمودند. در گروه رژیم پر پروتئین، موش‌ها ۵ گرم به ازای هر صد گرم وزن بدن رژیم غذایی پر پروتئین دریافت کردند (۱۸). در گروه رژیم غذایی پر چربی، موش‌ها ۵ گرم به ازای هر صد گرم وزن بدن (۲۱۰ کیلو کالری) در روز غذای پر چرب به مدت ۱۰ هفته دریافت کردند (۱۹). در گروه رژیم غذایی رژیم غذایی کم کالری، موش‌ها ۳/۵ گرم به ازای هر صد گرم وزن بدن (۱۴۰ کیلو کالری) در روز غذای نرمال را دریافت کردند. در این گروه ۳۰٪ کالری غذا بدون این که هیچ یک از اجزای ترکیب کننده غذا را کاهش داده شود، اعمال شد (۲۰). در گروه رژیم غذایی پر پروتئین - کم کالری موش‌ها ۳/۵ گرم به ازای هر صد گرم وزن بدن (۱۴۰ کیلو کالری) در روز از غذایی پر پروتئین به مدت ۱۰ هفته دریافت نمودند. ترکیب هر رژیم غذایی در جدول ۱ ارائه شده است. رژیم غذایی طوری در نظر گرفته شده بود که ضروریات تغذیه موش‌های بالغ را مطابق دستورالعمل انستیتو تغذیه آمریکا (AIN-93M) در بر گرفته باشد. رژیم‌های غذایی عادی، پر چربی و پر پروتئین از شرکت بهپور (تهران، ایران) تهیه گردید.

جدول ۱. محتویات غذایی موجود در رژیم پر چربی، پر پروتئین و رژیم کم کالری در هر ۱۰۰ گرم غذای موش

ترکیب مواد غذایی (g/100 g DM)	رژیم غذایی عادی	پر پروتئین	پر چربی
پروتئین خام	۸,۲	۵۵,۴	۸,۲
چربی خام	۵,۳	۵,۳	۳۵,۲
فیبر خام	۴۷	۴	۴۷
کلسیم	۱	۱	۱
کلراید سدیم	۵	۵	۵
آب	۱۰	۱۰	۱۰
میتونین_سیستین	۱,۵	۱	۱,۵
سوکروز	۱۰	۰	۱۰
لایزین	۵	۱۱	۵
ویتامین مخلوط AIN-93M	۱	۱	۱
منرال مخلوط AIN-93M	۳,۵	۳,۵	۳,۵
روغن سویا	۷	۱۰	۷
چربی Tallow	۰	۰	۱۵

استخراج پروتئین کبدی و اندازه‌گیری سطح PDGF

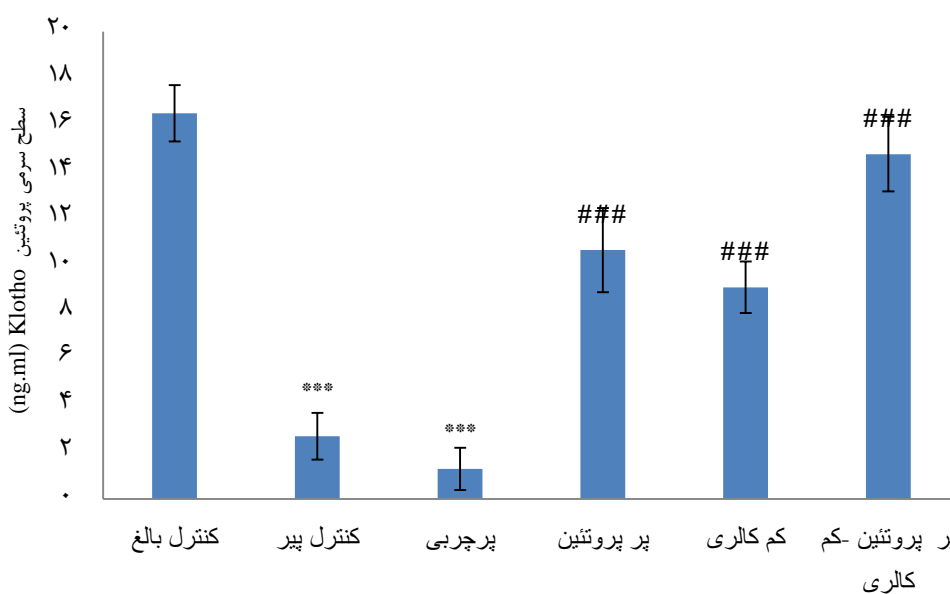
TGF- β 1: بافت کبد با استفاده از بافر لیز کننده حل گردید و به مدت ۵ دقیقه 15000 rpm در دمای $4^{\circ}C$ سانتریفیوژ گردید و با استفاده از روش Bradford غلظت پروتئین آنها اندازه‌گیری شد (۲۱). سطح TGF- β 1 و PDGF در کبد و

پروتئین *Klotho* نسبت به گروه پیر شده است ($P=0/000$). مشابه میزان پروتئین *Klotho* در خون، در کبد موش‌های آزمایش شده هم بیان ژن *Klotho* در گروه‌های پر پروتئین، کم کالری و پرپروتئین - کم کالری سبب افزایش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل پیر دارد ($P=0/001$).

بررسی اثر رژیم‌های غذایی پر چربی، پر پروتئین و رژیم کم کالری بر فاکتورهای $TGF-\beta 1$, PDGF کبدی: شکل ۲

نشان دهنده سطح پروتئین‌های PDGF و $TGF-\beta 1$ در کبد موش‌ها در گروه‌های آزمایشی می‌باشد. داده‌ها در شکل ۲ الف نشان می‌دهد که میزان پروتئین PDGF در کبد در گروه پیر نسبت به گروه جوان کاهش معنی‌داری داشته است ($P=0/05$). یافته‌های حاضر نشان می‌دهد که رژیم غذایی پر چربی سبب کاهش میزان پروتئین PDGF نسبت به گروه

کنترل بالغ شده است ($P=0/01$). بر اساس این شکل رژیم‌های پر پروتئین، پر پروتئین-کم کالری و رژیم کم کالری منجر به افزایش میزان پروتئین PDGF نسبت به گروه پیر می‌گردد ($P=0/000$). داده‌ها در شکل ۲ ب نشان می‌دهد که میزان پروتئین $TGF-\beta 1$ در کبد در گروه پیر نسبت به گروه جوان کاهش معنی‌داری داشته است ($P=0/0001$). یافته‌های الایزا نشانگر این مطلب است که رژیم غذایی پر چربی سبب کاهش میزان پروتئین $TGF-\beta 1$ نسبت به گروه پیر شده است ($P=0/0001$). بر اساس این شکل رژیم‌های پر پروتئین، پر پروتئین-کم کالری و رژیم کم کالری منجر به افزایش میزان پروتئین $TGF-\beta 1$ نسبت به گروه پیر می‌گردد ($P=0/000$).

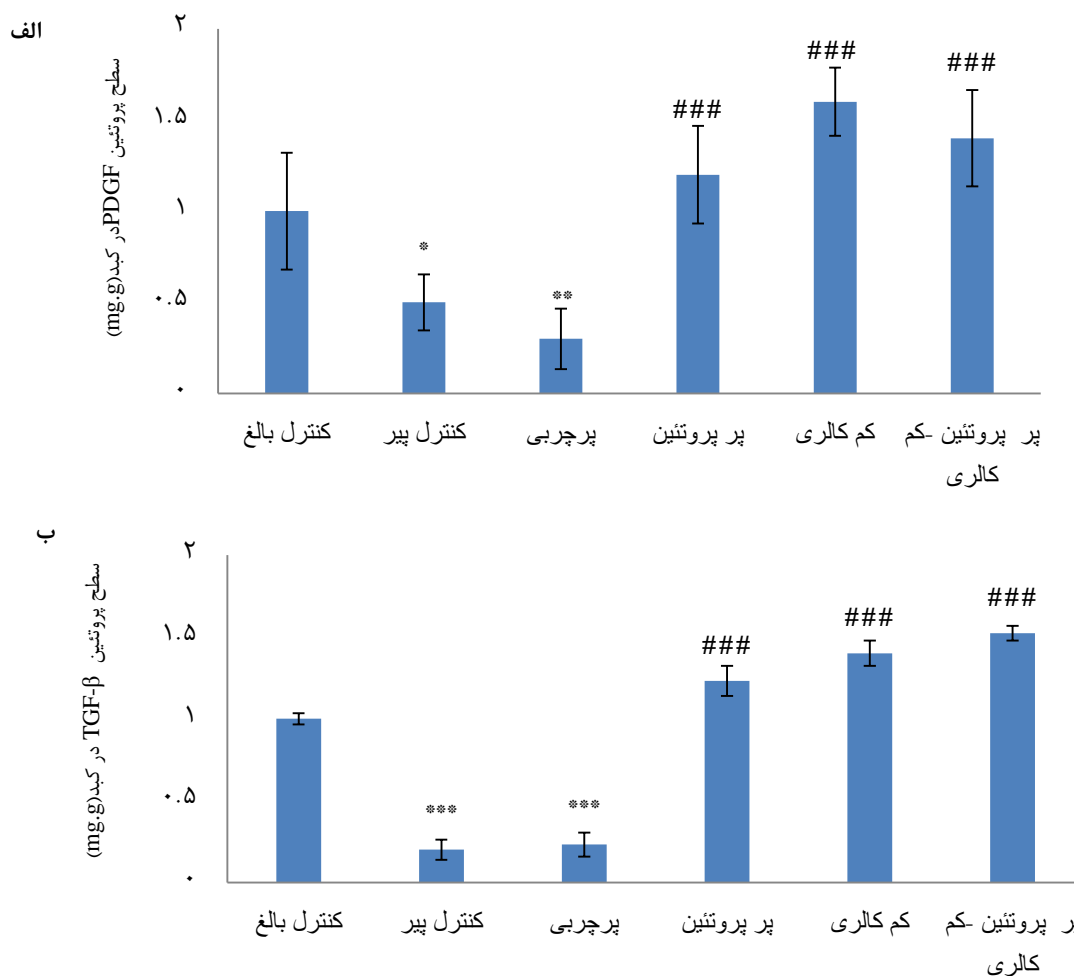


شکل ۱. سطح پروتئین *Klotho* در سرم خون موش‌های درمان شده با رژیم‌های غذایی مختلف که به وسیله روش الایزا انجام گرفت. ($P < 0.001$ *** مقایسه نسبت به گروه سالم بالغ و $P < 0.001$ ### مقایسه نسبت به گروه پیر)

جدول ۳. میزان بیان ژن *Klotho* در کبد موش‌های درمان شده با رژیم‌های غذایی مختلف که با روش Real-time PCR انجام گرفت.

نام گروه ها	کنترل بالغ	کنترل پیر	پر چربی	پر پروتئین	کم کالری	پر پروتئین کم کالری
میزان بیان ژن <i>Klotho</i> (میانگین ± انحراف از میانگین)	1 ± 0.3	0.32 ± 0.01***	0.41 ± 0.02***	0.76 ± 0.05###	0.82 ± 0.03###	0.89 ± 0.05###

$P < 0.001$ *** مقایسه نسبت به گروه سالم بالغ و $P < 0.001$ ### مقایسه نسبت به گروه پیر.



شکل ۲. میزان بیان فاکتورهای $PDGF$ ، $TGF-\beta 1$ در کبد موش‌های درمان شده با رژیم‌های غذایی پر چربی، پر پروتئین و رژیم کم کالری (مقایسه نسبت به گروه سالم جوان و $P < 0.001$ مقایسه نسبت به گروه پیر) (### $P < 0.001$ ، * $P < 0.05$ ، ** $P < 0.01$ ، *** $P < 0.001$)

بحث

اثر بگذارند (۲۲). یکی از این فاکتورهای پروتئین ضد پیری Klotho می‌باشد که در مسیر درون سلولی سبب بهبود فعالیت کبد در افراد پیر می‌شود (۲۴، ۲۳). میزان این پروتئین در طی پیری کاهش می‌یابد و نشان داده شده است که کاهش مسیر سیگنالینگ Klotho می‌تواند باعث کم کاری کبد گردد (۲۵). یافته‌های بررسی حاضر نشان داد که رژیم غذایی پر چربی در افراد مسن سبب کاهش فاکتور Klotho می‌شود، در حالی که رژیم غذایی پرپروتئین کم کالری می‌تواند این امر را بهبود بخشیده و Klotho را افزایش دهند. مطالعه‌ای نشان داده است که رژیم غذایی پر چربی سبب کاهش فاکتور Klotho در کلیه افراد می‌شود (۲۶). همچنین یک مطالعه بالینی هم نشان داده است که رژیم غذایی پر پروتئین می‌تواند میزان بیان پروتئین‌های مسیر Klotho و FGF21 سرم خون افراد را افزایش دهد (۲۷). در

بررسی حاضر نشان می‌دهد که رژیم غذایی پرپروتئین همراه با کالری کم سبب افزایش فاکتورهای ضد پیری از جمله Klotho و $TGF-\beta$ و PDGF در مغز و کبد موش‌های پیر می‌گردد. در مقابل رژیم غذایی پر چربی بیشترین ضرر را در مقایسه با رژیم‌های دیگر در مورد فاکتورهای ذکر شده دارد. امروزه مشخص شده است که مصرف مواد غذایی کم سود، سبب ضعف بدن و تحلیل اندام‌های بدنی می‌شود، از این رو تمرکز بر روی مواد غذایی با ارزش بالا بسیار مورد توجه دانشمندان بوده است (۱۳، ۶). در جهان رژیم‌های غذایی غنی از پروتئین و رژیم غذایی کم کالری بسیار مورد توجه واقع شده است.

بررسی‌ها نشان داده است که رژیم‌های غذایی در افراد مسن می‌توانند بر روی فاکتورهای پروتئینی مربوط به پیری

پروتئین‌های مسیر Klotho می‌باشد. رژیم غذایی پر چربی سبب کاهش بیان TGF- β 1 و PDGF در کبد و رژیم غذایی پرپروتئین کم کالری سبب بهبود و افزایش پروتئین‌های TGF- β 1 و PDGF می‌شود. بررسی‌های پیشین هم موید این مطلب است که رژیم‌های غذایی سبب تغییر در TGF- β 1 و PDGF خونی می‌شود (۳۶، ۳۵).

به طور کلی بررسی حاضر نشان داد که رژیم‌های غذایی در افراد مسن بسیار مهم و تعیین کننده می‌باشد و از طرفی این رژیم‌ها می‌تواند سبب بهبود عملکرد کبد و کنترل متابولیسم کبدی گردد. همچنین رژیم‌های پرپروتئین و رژیم‌های کم کالری و رژیم‌های پرپروتئین کم کالری، میزان پروتئین‌های ضد پیری Klotho را افزایش می‌دهند و به طور کلی رژیم کالری محدود با پروتئین زیاد اثرات مفیدتری نسبت به رژیم‌های بررسی شده دیگر بر روی فاکتور ضد پیری دارد. همچنین این رژیم‌ها می‌توانند عملکرد کبد را تحت تأثیر قرار داده و فاکتورهای حفاظتی را در آن زیاد کنند. در ادامه این مطالعه می‌توان از مهار کننده‌های ژن Klotho استفاده نمود تا اثرات مستقیم این ژن را در زمان پیری مورد بررسی قرار داد. ایجاد موش‌های پیر از محدودیت‌های این بررسی بوده است که به همین منظور از موش‌هایی که عمر بالا داشتند، استفاده شده است که زمان طولانی برای رسیدن این موش‌ها به سن مورد نظر از مشکلات این طرح بوده است.

سپاسگزاری

نویسندگان از تأمین سرمایه لازم برای انجام این کار توسط دانشگاه علوم پزشکی تهران (۹۷-۰۲-۳۰-۳۶۸۵۲) قدرانی می‌نمایند.

راستای تایید مطالعات پیشین، بررسی حاضر نشان داد که رژیم غذایی پر چربی سبب کاهش مسیر Klotho و رژیم غذایی پرپروتئین کم کالری سبب افزایش این پروتئین می‌شود.

معمول ترین وظیفه بیولوژیک PDGF و TGF- β 1 شامل تنظیم تکثیر و بقا سلولی، تولید عروق، مهاجرت سلولی و تنظیم دوباره اسکلت سلولی با تنظیم مجدد سیستم فلامان اکتین و میوزین است (۲۸). پروتئین PDGF با تحریک شدن سلولی و شیموتاکسی سلولی در انسان‌ها و حیوانات آزمایشگاهی، سبب بازسازی و بهبودی بافت را در بافت نرم آسیب دیده بهبود می‌بخشد (۲۹). در میان فاکتورهای رشد که قویاً در بهبودی زخم پاسخ می‌دهد، TGF- β 1 و PDGF بیشتر از همه در تحریک تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای و فیبروبلاست‌های کبدی می‌باشد (۳۰). در مقابل برخی مطالعات نشان می‌دهد که افزایش بیان PDGF در سلول‌های بیان کننده گیرنده‌های PDGF منجر به تخریب حاد و مزمن بافت کبدی در حیوانات آزمایشگاهی و انسان‌ها می‌شود (۳۱). با این حال بسیاری از مطالعات نقش فعال TGF- β 1 و PDGF را در بازسازی و فیبروز کبد تأیید می‌نماید (۳۲، ۳۳). یک بررسی نشان داد که ۶۰٪ از موش‌های فاقد TGF- β 1 بودند، دچار مرگ سلولی اندوتلیالی شده و مردند و موش‌هایی که زنده ماندند، پاسخ‌های شدید التهابی در قلب و کبد داشتند (۳۴).

همانطور که ذکر شد افزایش پروتئین‌های مسیر Klotho سبب بهبود عملکرد کبد می‌شود. به همین منظور بیان TGF- β 1 و PDGF را در کبد موش‌ها مورد بررسی قرار دادیم و نشان داد که این یافته‌های هماهنگ با بررسی‌های

• References

- Jagota A, Mattam U. Daily chronomics of proteomic profile in aging and rotenone-induced Parkinson's disease model in male Wistar rat and its modulation by melatonin. *Biogerontology*. 2017;18(4):615-30.
- Ko JH, Katak A, Aljuaid M, Goertzen AL, Borys A, Hobson DE, et al. Distinct brain metabolic patterns separately associated with cognition, motor function, and aging in Parkinson's disease dementia. *Neurobiol Aging*. 2017;60:81-91.
- Seaman CD, Ragni MV. The Association of Aging With Von Willebrand Factor Levels and Bleeding Risk in Type 1 Von Willebrand Disease. *Clin Appl Thromb Hemost*. 2017;1076029617724232.
- Tudorache E, Fildan AP, Frandes M, Dantes E, Tofolean DE. Aging and extrapulmonary effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Interv Aging*. 2017;12:1281-7.
- Clements SJ, S RC. Diet, the intestinal microbiota, and immune health in aging. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;1-11.
- Kim IH, Xu J, Liu X, Koyama Y, Ma HY, Diggle K, et al. Aging increases the susceptibility of hepatic inflammation, liver fibrosis and aging in response to high-fat diet in mice. *Age (Dordr)*. 2016;38(4):291-302.
- Yen CA, Curran SP. Gene-diet interactions and aging in *C. elegans*. *Exp Gerontol*. 2016;86:106-12.
- Head E, Nukala VN, Fenoglio KA, Muggenburg BA, Cotman CW, Sullivan PG. Effects of age, dietary, and behavioral enrichment on brain mitochondria in a canine model of human aging. *Exp Neurol*. 2009;220(1):171-6.

9. Tietz NW, Shuey DF, Wekstein DR. Laboratory values in fit aging individuals--sexagenarians through centenarians. *Clinical chemistry*. 1992;38(6):1167-85.
10. Höhn A, Grune T. Lipofuscin: formation, effects and role of macroautophagy. *Redox biology*. 2013;1(1):140-4.
11. Min-Wen JC, Jun-Hao ET, Shyh-Chang N. Stem cell mitochondria during aging. *Semin Cell Dev Biol*. 2016;52:110-8.
12. Yang W, Li X, Li X, Li X, Yu S. Neuronal hemoglobin in mitochondria is reduced by forming a complex with alpha-synuclein in aging monkey brains. *Oncotarget*. 2016;7(7):7441-54.
13. Taketani H, Nishikawa T, Nakajima H, Kodo K, Sugimoto S, Aoi W, et al. Aging-associated impairment in metabolic compensation by subcutaneous adipose tissue promotes diet-induced fatty liver disease in mice. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2019;12:1473-92.
14. Balasubramanian P, Mattison JA, Anderson RM. Nutrition, metabolism, and targeting aging in nonhuman primates. *Ageing Res Rev*. 2017;39:29-35.
15. Boccardi V, Paolisso G, Mecocci P. Nutrition and lifestyle in healthy aging: the telomerase challenge. *Aging (Albany NY)*. 2016;8(1):12-5.
16. Hill CM, Fang Y, Miquet JG, Sun LY, Masternak MM, Bartke A. Long-lived hypopituitary Ames dwarf mice are resistant to the detrimental effects of high-fat diet on metabolic function and energy expenditure. *Aging Cell*. 2016;15(3):509-21.
17. Lee H-Y, Lee JS, Alves T, Ladiges W, Rabinovitch PS, Jurczak MJ, et al. Mitochondrial-Targeted Catalase Protects Against High-Fat Diet-Induced Muscle Insulin Resistance by Decreasing Intramuscular Lipid Accumulation. *Diabetes*. 2017;66(8):2072-81.
18. Smiljanic K, Vanmierlo T, Djordjevic AM, Perovic M, Loncarevic-Vasiljkovic N, Tesic V, et al. Aging induces tissue-specific changes in cholesterol metabolism in rat brain and liver. *Lipids*. 2013;48(11):1069-77.
19. Sahin K, Tuzcu M, Orhan C, Sahin N, Kucuk O, Ozercan IH, et al. Anti-diabetic activity of chromium picolinate and biotin in rats with type 2 diabetes induced by high-fat diet and streptozotocin. *British Journal of Nutrition*. 2013;110(2):197-205.
20. Mobbs CV, Mastaitis J, Yen K, Schwartz J, Mohan V, Poplawski M, et al. Low-carbohydrate diets cause obesity, low-carbohydrate diets reverse obesity: a metabolic mechanism resolving the paradox. *Appetite*. 2007;48(2):135-8.
21. Lam TG, Jeong YS, Kim SA, Ahn SG. New metformin derivative HL 156A prevents oral cancer progression by inhibiting the insulin-like growth factor/AKT/mammalian target of rapamycin pathways. *Cancer science*. 2018;109(3):699-709.
22. Tang P, Low HB, Png CW, Torta F, Kumar JK, Lim HY, et al. Protective Function of Mitogen-Activated Protein Kinase Phosphatase 5 in Aging- and Diet-Induced Hepatic Steatosis and Steatohepatitis. *Hepatol Commun*. 2019;3(6):748-62.
23. Rao Z, Landry T, Li P, Bunner W, Laing BT, Yuan Y, et al. Administration of alpha Klotho reduces liver and adipose lipid accumulation in obese mice. *Heliyon*. 2019;5(4):e01494.
24. Fujii N, Uta S, Kobayashi M, Sato T, Okita N, Higami Y. Impact of aging and caloric restriction on fibroblast growth factor 21 signaling in rat white adipose tissue. *Exp Gerontol*. 2019;118:55-64.
25. Tsujikawa H, Kurotaki Y, Fujimori T, Fukuda K, Nabeshima Y. Klotho, a gene related to a syndrome resembling human premature aging, functions in a negative regulatory circuit of vitamin D endocrine system. *Mol Endocrinol*. 2003;17(12):2393-403.
26. Rios R, Pineda C, Lopez I, Munoz-Castaneda J, Rodriguez M, Aguilera-Tejero E, et al. Phosphorus restriction does not prevent the increase in fibroblast growth factor 23 elicited by high fat diet. *PLoS One*. 2018;13(6):e0198481.
27. Markova M, Pivovarovova O, Hornemann S, Sucher S, Frahnw T, Wegner K, et al. Isocaloric Diets High in Animal or Plant Protein Reduce Liver Fat and Inflammation in Individuals With Type 2 Diabetes. *Gastroenterology*. 2017;152(3):571-85 e8.
28. Heldin C-H, Westermark B. Mechanism of action and in vivo role of platelet-derived growth factor. *Physiological reviews*. 1999;79(4):1283-316.
29. Borkham-Kamphorst E, Weiskirchen R. The PDGF system and its antagonists in liver fibrosis. *Cytokine & growth factor reviews*. 2016;28:53-61.
30. Martin IV, Borkham-Kamphorst E, Zok S, van Roeyen CR, Eriksson U, Boor P, et al. Platelet-derived growth factor (PDGF)-C neutralization reveals differential roles of PDGF receptors in liver and kidney fibrosis. *The American journal of pathology*. 2013;182(1):107-17.
31. Wong L, Yamasaki G, Johnson RJ, Friedman SL. Induction of beta-platelet-derived growth factor receptor in rat hepatic lipocytes during cellular activation in vivo and in culture. *The Journal of clinical investigation*. 1994;94(4):1563-9.
32. Yang L, Dong C, Yang J, Yang L, Chang N, Qi C, et al. MicroRNA-26b-5p Inhibits Mouse Liver Fibrogenesis and Angiogenesis by Targeting PDGF Receptor-Beta. *Mol Ther Nucleic Acids*. 2019;16:206-17.
33. Cuiqiong W, Chao X, Xinling F, Yinyan J. Schisandrin B suppresses liver fibrosis in rats by targeting miR-101-5p through the TGF-beta signaling pathway. *Artif Cells Nanomed Biotechnol*. 2020;48(1):473-8.
34. Dropmann A, Dediulia T, Breitkopf-Heinlein K, Korhonen H, Janicot M, Weber SN, et al. TGF-β1 and TGF-β2 abundance in liver diseases of mice and men. *Oncotarget*. 2016;7(15):19499.
35. Holt RL, Mikati MA. Care for child development: basic science rationale and effects of interventions. *Pediatr Neurol*. 2011;44(4):239-53.
36. Janssen CI, Jansen D, Mutsaers MP, Dederen PJ, Geenen B, Mulder MT, et al. The Effect of a High-Fat Diet on Brain Plasticity, Inflammation and Cognition in Female ApoE4-Knockin and ApoE-Knockout Mice. *PLoS One*. 2016;11(5):e0155307.

Comparison of Effects of High-Fat, High-Protein and Low-Calorie Diets on Klotho Gene Expression and TGF- β Level in Serum and Liver of Old Male Wistar Rats

Rahimi A.M^{1,2}, Shafie A¹, Nabavizadeh F¹, Ashabi Gh^{3*}

1- Department of Physiology, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Department of Physiology, School of Medicine, Alborz University, Afghanistan

3-*Corresponding author: assistant prof, Department of Physiology, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: ashabi@tums.ac.ir

Received 7 Mar, 2020

Accepted 24 Jun, 2020

Background and Objectives: Different diets have important roles in human health and aging. In the current study, we aimed to characterize the Klotho, an anti-aging protein, gene expression and protein level in the serum and assess the protein levels of *Transforming growth factor*- β and Platelet-derived growth factor in old rats which treated with different diets (high-fat, high-protein, low-calorie, high-protein and low-calorie).

Materials & Methods: Twenty-five old and five adult rats were treated with high-fat, high-protein, low-calorie, high-protein and low-calorie diets for ten weeks. Then, serum protein levels of Klotho, transforming growth factor- β and platelet-derived growth factor and gene expression of Klotho in the liver were assessed using enzyme-linked immunosorbent assay.

Results: Protein level of Klotho in the blood serum and expression level of Klotho gene in the liver were increased in high-protein, low-calorie and low-calorie high-protein diets in comparison to control old group ($p = 0.000$). The levels of transforming growth factor- β and platelet-derived growth factor were increased in low-calorie high-protein group, compared to old group in the liver ($p = 0.000$).

Conclusion: Results revealed that expression of Klotho decreased in old rats while low-calorie high-protein and particularly low-calorie high-protein diets increased this protein. Moreover, these protective diets could enhance transforming growth factor- β and platelet-derived growth factor in liver of rats, verifying improvement of the liver function.

Keywords: Aging; Klotho, TGF- β , High-protein diet, High-fat diet, Low-calorie diet