تاثیر چهار نوع رژیم غذایی متفاوت بر متابولیسم کربوهیدرات و چربی طی ورزش در مردان مسن

مینو باسامی [۱،۲]، دامینک دوران[۲]، دان مک لارن [۲]

[۱] پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم تحقیقات و فناوری

[۲] انستیتو تحقیقاتی علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه لیورپول جان مورس، انگلیس

چکیده

هدف تحقیق: مطالعات قبلی کاهش سوخت چربی بعد از مصرف کربوهیدارت را به دلیل افزایش انسولین بعد از مصرف غذا و ورزش گزارش کرده اند. با وجود این حقیقت که افزایش چربی بدن در افراد پیر ممکن است به دلیل کاهش جابجایی و سوخت چربی باشد، بیشتر مطالعات برروی مردان جوان متمرکز شده است. تحقیق حاضر جهت بررسی تاثیر مصرف چهار نوع غذای متفاوت قبل از ورزش، بر سوخت و ساز کربوهیدارت و چربی طی ورزش در مردان مسن طراحی شده است. **روش تحقیق:** هشت مرد سالم (میانگین سن ۵/۲ ± ۶۳/۳ سال) در این تحقیق شرکت کردند. شرکت کنندگان در چهار جلسه مجزا به فاصله یک هفته به آزمایشگاه فیزیولوژی مراجعه کردند. آنها هر جلسه ۳۰ دقیقه ورزش بر روی دوچرخه با ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی ($\dot{V}O_{2\,max}$) بعد از خوردن غذای عادی، کربوهیدرات بالا با شاخص قندی زیاد، کربوهیدرات بالا با شاخص قندی پائین، و پرچرب اجرا کردند. فاکتورهای تنفسی در طی ورزش اندازه گیری شدند و سه نمونه خونی قبل ازمصرف غذا، قبل از ورزش، و بعد از ورزش گرفته شد و برای اندازه گیری فاکتورهای متابولیکی و هورمونها، آنالیز شدند. اکسیداسیون چربی و کربوهیدراتها با استفاده از گازهای تنفسی Co2 و O2 توسط فرمول فراین و همکاران (۱۹۸۳) محاسبه گردید. **نتایج:** آنالیز آماری داده ها نشان داد که مصرف چهار نوع غذای متفاوت قبل از ورزش تاثیر معنی داری بر سوخت چربی نداشتند با این وجود، سوخت چربی در طی ورزش بعد از غذای پرچرب بیشتر از سه غذای دیگر بود(P>005). همچنین سوخت کربوهیدرات بعد از چهار نوع غذای مختلف در طی ورزش افزایش معنی داری نداشت. اسید چرب آزاد اشباع نشده (NEFA) در طی ورزش بعد از مصرف غذای پرچرب افزایش و بعد از مصرف غذاهای با کربوهیدرات بالا با شاخص قندی زیاد و کم کاهش پیدا کرد. در طی ورزش و بعد از غذای پر چرب NEFA افزایش و غلظت گلوکز کاهش معنی داری پیدا کرد. مصرف چهار نوع غذای متفاوت تاثیر معنی داری بر پاسخ هورمون های رشد، کورتیزول و اینترلوکین-۶ (IL-6) به ورزش نداشتند (P > 005). **بحث و نتیجه گیری:** اگرچه تحقیقات قبلی بر روی جوانان نشان داده اند که سوخت چربی در طی ورزش بعد از غذای پرچرب و پرکربوهیدرات با شاخص قندی پائین افزایش و بعد از غذای پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا کاهش یافته است اما در تحقیق حاضر در مردان مسن علیرغم تغییرات متابولیکی در طی ورزش پس از مصرف چهار نوع غذای متفاوت، متابولیسم چربی و کربوهیدرات تغییر معنی داری نداشتند.

واژه های کلیدی: اکسیداسیون چربی، اکسیداسیون کربوهیدرات، NEFA، شاخص قندی، سن

Effects of mixed isoenergetic meals on fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly males

Abstract

Introduction: The present study was designed to investigate the effects of four different types of meals on fat and CHO metabolism during exercise in elderly male subjects. **Methods:** Eight healthy males (Age mean 63.3, s = 5.2 years) reported to the physiology laboratory on four separate occasions, each of which was allocated for the performance of a 30-min exercise on a cycle ergometer at 60% $\dot{V}O_{2\,max}$ after having a normal (N), high fat (HF), high carbohydrate, high glycaemia index (HGI) and high carbohydrate low glycaemia index (LGI). Respiratory measures were undertaken throughout the exercise and blood samples were taken pre-meal, pre-exercise and post-exercise for analysis of metabolites and hormones. **Results:** Fat oxidation during exercise after

HF meal (0.26±0.04 g/min) was higher than N (0.21±0.04 g/min), HGI (0.22±0.03 g/min), and LGI (0.19±0.03 g/min. Carbohydrate oxidation during exercise (N = 1.79±0.28, HF = 1.58±0.22, HGI = 1.68±0.22, LGI = 1.77±0.21 g/m) was not statistically different. NEFA concentration increased in response to HF (P<0.05) and decreased in response to HGI and LGI (P<0.05). Insulin concentration decreased significantly during exercise after N, HF and HGI consumption (P<0.05). **Conclusion:** The present study demonstrated that in elderly individuals feeding isoenergetic meals containing different proportions of carbohydrate and fat does not alters oxidation of fat and CHO during exercise in spite of some changes in circulating metabolites.

مقدمه

میزان سوخت چربی و کربوهیدرات در طی ورزش به رژیم غـذایی، شدت و طول ورزش بستگی دارد (۱). رژیم غذای بـا کربوهیـدرات بالا در طی تمرین، مسابقه و همچنین خوردن کربوهیدرات در طی ورزش بعنوان عاملی برای افزایش سوخت کربوهیدرات و به تـاخیر انداختن خستگی شناخته شده است. از طرف دیگر، تشخیص داده شده است که افزایش سوخت اسـید چـرب در طـی تمـرین باعـث کاهش میزان تجزیه گلیکوژن و در نتیجه بهبود بخشیدن ظرفیـت مقاومتی میشود (۱).

عموما" یک رژیم غذایی با چربی بالا و کربوهیدرات پایین سـوخت چربی را در طی فعالیت افزایش میدهد (۲). ادعـا شـده اسـت کـه غذاهایی با چربی بالا باعث افزایش ظرفیت سوخت اسید چرب می شوند و به عنوان یک ابزار برای بهبود اجـرای ورزشـی ورزشـکاران استقامتی مورد توجه قرار گرفته است (۳، ۴). مصرف کربوهیدرات قبل از ورزش سودمند است زیرا ذخائر کبدی و عضلانی گلیکـوژن را افزایش میدهـد (۵). تعـدادی از تحقیقـات کـاهش در سـوخت چربی را بعد از مصرف کربوهیدرات به علت افـزایش بـیش از حـد انسولین در دوره بعد از غذا مشاهده کرده اند (۶، ۷). با این وجـود، نشان داده شده است که تغییر دادن نوع کربوهیـدرات بـر افـزایش بیش از حـد انـسولین و کـاهش سـوخت چربـی اثـر دارد (۶، ۷). افزایش غلظت گلوکز و انسولین بعد از غذا سوخت کربوهیـدرات را تحریک می کند و منجر به کاهش سوخت اسید چرب مـی شـود (۸). ویو[1] و همکارانش (۲۰۰۳) دریافتند که مقدار محاسـبه شـده سوخت چربی به طور معنی داری درطی ورزشی که ۳ ساعت بعـد از مصرف کربوهیدرات بـا شـاخص قنـدی پـایین شـروع شـده در مقایسه با شـاخص قنـدی بـالا افـزایش بیـشتری پیـدا کـرد. آنهـا همچنین نشان دادند که غذای با شاخص قندی بالا در مقایسه بـا شاخص قندی پایین باعث پاسخ بزرگتر گلوکز و انسولین خـون در دوران بعد از غذا میشود. این مطلب اخیـرا" توسـط استیونـسن[2] و همکارانش (۲۰۰۵) حمایت شد (۹). آنها پاسخ های متابولیکی به غذاهای مخلوط شده به شاخص قندی بالا و پـایین بعـد از ۶۰ دقیقه ورزش با شدت ۷۰٪ حد اکثر اکـسیژن مـصرفی را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند کـه تفاوتهـای معنـی داری در هایپرانسولینمیا و هایپرگلیـسمیا بطـور مکـرر بـا تغییر در شـاخص قنـدی کربوهیـدرات در غـذای مخلـوط شده رامی توان بدست آورد (۹). تاثیر غذاهای مختلف (بـر چرب، پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا، پرکربوهیـدرات با شاخص قندی پایین) بر متابولیسم چربی و کربوهیدرات در طی استراحت و ورزش در افراد جـوان بطـور مفـصل و گسترده مطالعه شده است، امـا هـیچ مطالعـه ای بـر روی افراد پیر انجام نشده است. بنـابرین تحقیـق حـاظر جهـت بررسی تاثیر چهار نوع غذای متفـاوت (معمـولی، پرچـرب، پرکربوهیدرات بـا شـاخص قنـدی بـالا، پرکربوهیـدرات بـا شاخص قندی پایین) بر متابولیسم کربوهیـدرات و چربـی در طی ورزش در مردان مسن طراحی گردید.

روش تحقیق

نمونه ها

فرم رضایت نامـه شـرکت در ایـن تحقیـق بعـد از بدسـت آوردن تائیدیه از کمیته اخلاقی انسانی از دانشگاه لیورپـول جان مـورس بـه هـشت مـرد سـالم داده شـد. مشخـصات فیزیولوژیکی نمونه ها در جدول ۱ ارائـه داده شـده اسـت. قبل از انجام ورزش در هر جلسه فشار خون نمونه ها بـرای پرفـشارخونی انـدازه گیـری شـد (Dinamap Pro Series, GE Medical Systems, Florida).

1- Wue
2- Stevenson

جدول ۱-خصوصیات نمونه ها

تعداد	سن	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	$\dot{V}O_{2\,max}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	چربی بدن (%)
۸	۶۳±۵/۲	۱/۷۸ ±۰/۰۵	۷۸/۱ ±۱۴	۳۶/۹ ± ۱۰/۴	۲۱ ± ۵/۳

طرح تحقیق

نمونه ها در پنج جلسه مجزا به آزمایشگاه مراجعه نمودند. در اولین جلسه نمونه ها با محیط آزمایشگاهی و آزمایشگاه فیزیولوژی آشنایی پیدا کردند. همچنین قد، وزن و درصد چربی با استفاده از دستگاه DEXA در همین جلسه اندازه گیری شد. بعد از آشنایی و امضاء فرم رضایت نامه حداکثر اکسیژن مصرفی ($\dot{V}O_{2\,max}$) نمونه ها با دوچرخه ارگومتر مشخص گردید. نمونه ها بعد از اندازه گیری های اولیه چهار جلسه دیگر در آزمایشگاه حضور پیدا کردند. در هر کدام از این جلسات ۳۰ دقیقه ورزش برروی دوچرخه ای ارگومتر با شدت $\dot{V}O_{2\,max}$ ۶۰٪ بعد از خوردن چهار نوع غذای مختلف (معمولی، پر چرب، پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا، پرکربوهیدرات با شاخص قندی پایین) اجراء کردند. در چهار جلسه حداقل با فاصله ۳ روز بین آنها انجام شدند. برای جلوگیری از تاثیر زمان روز تمام آزمایشات معمولا" در یک زمان مشخص از روز (۸ صبح) و در حالت ناشتا اجراء گردیدند. از نمونه ها خواسته شد غذاهایی را که طی دو روز قبل از آزمایش مصرف کرده اند را در فرم مخصوص رژیم غذایی یاداشت کنند و همین غذاها را در جلسات بعد قبل از انجام تمام آزمایشات تکرار کنند. علاوه بر این از نمونه ها خواسته شد که از نوشیدن مشروبات الکلی و شرکت در فعالیت ورزشی ۲۴ ساعت قبل از آزمایش خودداری کنند.

تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی ($\dot{V}O_{2\,max}$)

$\dot{V}O_{2\,max}$ با استفاده از یک آزمون پیشرونده بر روی دوچرخه ارگومتر تا حد خستگی تعیین شد. بعد از ۵ دقیقه گرم کردن و اجرای حرکات کششی، آزمایش با یک شدت اولیه ۱۰۰ وات شروع شد و هر ۲ دقیقه ۲۵ وات افزایش داده شد تا زمانیکه شرکت کننده ها به حالت خستگی رسیدند. گاز استخراج شده به وسیله دستگاه متالیزر (GMbH, Germany) بدست آمد و بیشترین مقدار اکسیژن مصرف شده در یک دقیقه زمانی بعنوان $\dot{V}O_{2\,max}$ محاسبه گردید. در طی ورزش ضربان قلب بطور پیوسته با استفاده از ضربان سنج (PE3000, Polar Electro, Kemple, Finland) اندازه گرفته شد و از نمونه ها خواسته شد تا میزان تلاش یا فشار بدنی را طبق جدول (۶-۲۰ درجه ای) بورگ [3] مشخص کنند.

پروتکل تحقیق

نمونه ها در حالت ناشتا به آزمایشگاه فیزیولوژی مراجعه کردند و ۲۰ دقیقه در حالت نشسته استراحت نمودند. بعد از این دوره استراحت فشار خون آنها اندازه گیری شد و یک نمونه خونی ۱۰ میلی گرفته شد. سپس به نمونه ها یک نوع از چهار غذای مختلفی که از قبل آماده شده بود بطور تصادفی داده شد و از آنها خواسته شد که در مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه این غذا را مصرف کنند. از آزمودنیها ۳ ساعت بعد از صرف غذا، یک نمونه خونی دیگر (۱۰ میلی) گرفته شد و آنها پروتکل ورزشی را که ۳۰ دقیقه رکاب زدن بر روی دوچرخه ارگومتر بود را با $\dot{V}O_{2\,max}$ ۶۰٪ شروع کردند. سریعا" بعد از اتمام ورزش یک نمونه خونی دیگر از آزمونیها گرفته شد. اکسیژن مصرفی، Co2 دفع شده و میزان تبادل تنفسی در طی ورزش توسط دستگاه متالیزر اندازه گیری شد ند. مقادیر سوخت چربی و کربوهیدرات با استفاده از فرمول فراین [4] (۱۹۸۳) محاسبه شد (۱۰).

آنالیز غذایی

چهار نوع غذا با انرژی یکسان برای نمونه ها آماده گردید که شامل ترکیبات زیر می باشند. ۱ و ۲- غذاهای پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا و شاخص قندی پایین: ۶۵٪ کربوهیدرات، ۲۰٪ چربی، ۱۲٪ پروتئین. ۳- غذای پرچرب با چربی بالا: ۶۰٪ چربی، ۲۵٪ کربوهیدرات، ۱۵٪ پروتین. ۴- غذای معمولی: ۵۰٪ کربوهیدرات، ۳۵٪ چربی، ۱۵٪ پروتئین. ارزش شاخص قندی برای غذاهای پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا ۷۴/۳۶ و با شاخص قندی پایین ۲۹/۲۶ بیان شد. خلاصه ای از ویژگیهای چهار نوع غذای مختلف را میتوان در جدول۲مشاهده کرد.

3- Borg scale

4- Frayn

جدول ۲- خصوصیات چهار نوع غذای مختلف

غذاها	چربی (گرم)	کربوهیدرات (گرم)	پروتئین (گرم)	انرژی (KJ)
شاخص قندی بالا	۲/۵	۱۸۲	۲۲/۶	۳۳۹۱/۵
شاخص قندی پایین	۲/۴۹	۱۸۲	۲۰/۹	۳۳۹۰/۵
پرچرب	۶۹/۷۸	۴۳/۴	۱۲/۳	۳۳۹۶/۳
معمولی	۳۱/۰۶	۱۰۷/۲	۳۰/۹	۳۳۹۰/۵

آنالیز نمونه های خونی

قبل از غذا، سریعا" قبل از ورزش و بعد از ورزش نمونه های خون سیاهرگی در هر جلسه در حالت نشسته گرفته شدند. هماتوکریت و هموگلوبین به ترتیب توسط دستگاهای hematocrit reader و HemoCue اندازه گیری شدند. حجم پلاسما با استفاده از فرمول دیل و کاستیل[5] (۱۹۷۴) محاسبه گردید (۱۱). پلاسما از طریق نمونه های خونی که در لوله های حاوی مادهٔ ضد انعقادی که از قبل آماده شده بود، بدست آمد. نمونه های خونی در لوله های ماده ضد انقعادی لیتیوم هپارین ریخته و مخلوط گردیدند. سپس سریعا" در ۶۰ درجه سانتیگراد و با سرعت g ۱۹۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. بعد از سانتریفیوژ شدن، نمونه های پلاسما جدا شده و در دمای ۷۰- درجه برای آنالیز گلوکز، گلیسرول، NEFA و 3-OHB نگهداری شدند. سرم توسط نمونه های خونی درون لوله های جداگانه ای سرم بدست آورده شد. خون در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شد و سپس در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد با سرعت ۲۰۰۰ و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سرم بدست آمده در دمای ۷۰- درجه برای اندازه گیری انسولین، کورتیزول، IL-6، و هورمن رشد نگهداری شد.گلیسرول، NEFA و 3-OHB با استفاده از ILab 300 اندازه گیری شدند.

انسولین، کورتیزول، IL-6، و هورمون رشد به وسیله دستگاه تمام اتوماتیک و به روش ELISA (ELISA, DRG instruments Gmbh, Germany) اندازه گیری شدند. مقاوت انسولین و عمل کرد ß -cell در حالت ناشتا با استفاده از مدل ارزیابی HOMA-IR تعیین گردیدند و با استفاده از انسولین و گلوکز ناشتا محاسبه گردیدند.

تحلیل آماری

آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. برای مقایسه داده های دوران استراحت از روش آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. همچنین برای آنالیز داده های اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی در طی ورزش از روش آماری آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. از روش آماری آنالیز واریانس دو طرفه و مکرر برای مقایسه میانگین های داده های خونی در چهار جلسه مختلف استفاده شد. وقتی که آنالیز واریانس تفاوت معنی داری را نشان داد، آزمون تعقیبی بونفرونی[6] برای یافتن تفاوتها بکار گرفته شد. سطح معنی دار بودن تمام داده های آماری با $P < ۰/۰۵$ نشان داده شده است.

نتایج

سوخت مواد غذایی

مصرف غذاها قبل از ورزش تاثیر معنی داری بر اکسیداسیون چربی نداشتند (شکل 1.A). اگرچه سوخت چربی در طی ورزش بعد از غذای پر چرب (گرم/ دقیقه ۰/۰۴ ± ۰/۲۶) نسبت به غذای معمولی (گرم/دقیقه ۰/۰۴ ± ۰/۲۱)، پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا (گرم/ دقیقه ۰/۰۳ ± ۰/۲۲) و پرکربوهیدرات با شاخص قندی پایین (گرم/ دقیقه ۰,۰۳ ± ۰,۱۹) بالا تر بود، اما این تفاوت معنی دار نبود. میزان سوخت کربوهیدرات در طی ۳۰ دقیقه ورزش گرم/دقیقه ۰/۲۱ ± ۱/۷۷ ، ۰/۲۲ ± ۱/۶۸، ۰/۲۲ ± ۱/۵۸ و ۰/۲۸ ± ۱/۷۹ به ترتیب برای غذای معمولی، پرچرب، پرکربوهیدرات شاخص قندی بالا و شاخص قندی پایین بود. آنالیز آماری داده ها تاثیر معنی دار غذا ها بر اکسیداسیون کربوهیدرات را در طی ورزش آشکار نکرد (شکل 1.B).

پارامترهای خونی

آنالیز آماری داده ها نشان داد که غذا تاثیر معنی داری بر غلظت NEFA دارد ($P = ۰/۰۰۰$، $F_{۲۱و۳} = ۳۹/۲$). مقایسه زوجها یک تفاوت معنی داری بین پاسخهای NEFA به غذای معمولی و پرچرب و بین پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا و شاخص قندی پایین نشان داد. علاوه بر این تاثیر معنی دار ورزش بر این فاکتور آشکار شد. آزمون تحقیقی بونفرونی اختلاف معنی داری بین داده های بعد از مصرف غذا و بعد از ورزش نشان داد ($P < ۰/۰۵$). غلظت NEFA افزایش معنی داری در پاسخ به غذای پرچرب نشان داد و کاهش معنی داری در پاسخ به غذاهای پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا و

5- Dill and Costill

6- Bonferroni

پایین نشان داد (شکل ۲). با این وجود غلظت NEFA در پاسخ به ورزش تنها بعد از غذاهای با شاخص قندی بالا و پایین افزایش معنی داری داشت (شکل ۲).

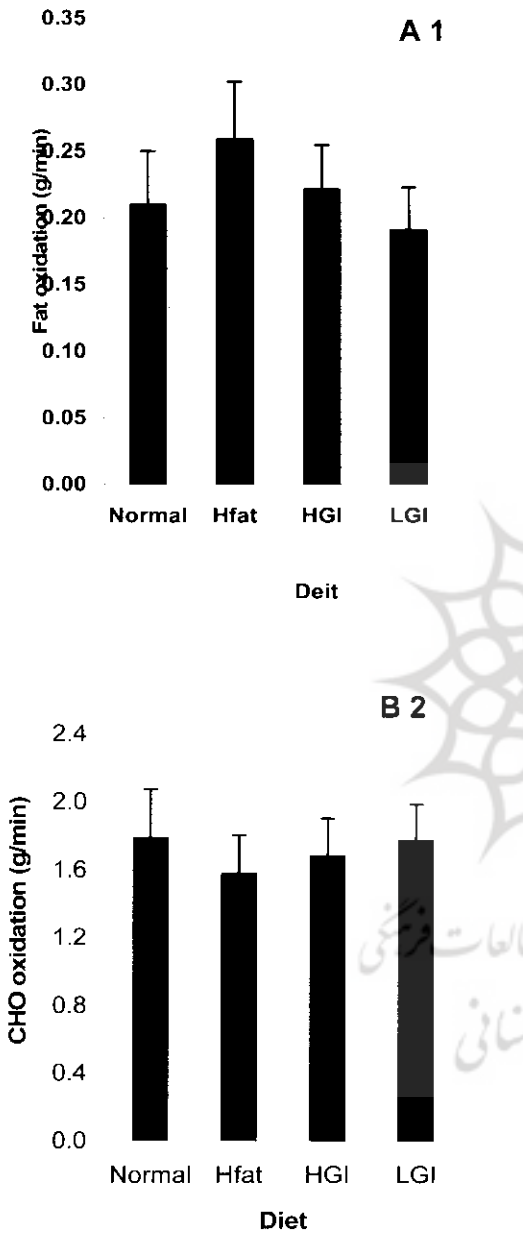
آنالیز آماری داده ها نشان داد که تفاوت معنی داری بین غلظت گلیسرول در پاسخ به غذای پرچرب و پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا وجود دارد. همچنین غلظت استراحتی گلیسرول بطور معنی داری با غلظت آن بعد از مصرف غذا و بعد از اتمام ورزش متفاوت بود. داده های گلیسرول در حالت استراحت بعد از تمام غذا ها افزایش معنی داری نشان داد (به استثنای غذای پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا) (شکل۳). علاوه بر این غلظت گلیسرول در پاسخ به ورزش بطور معنی داری بعد از چهار نوع غذای مختلف افزایش نشان داد (شکل۳).

آنالیز آماری تاثیر معنی دار غذا بر 3-OHB را نشان داد (۰/۰۳ = p ، ۳/۶ = F ۳، ۲۱). با این وجود، اختلاف معنی داری بین چهار نوع غذا نشان داده نشد. علاوه براین، اختلاف معنی داری بین داده های 3-OHB در حالت استراحت و بعد از غذا نشان داده نشد. غلظت 3-OHB بعد از تمام غذاها به استثناء پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا افزایش معنی داری داشت (شکل ۴). با این وجود، غلظت 3-OHB در پاسخ به ۳۰ دقیقه دوچرخه سواری از ۰/۵۷ ± ۳/۳۹ به ۰/۶۴ ± ۲/۹ بطور معنی داری کاهش پیدا کرد (شکل ۴).

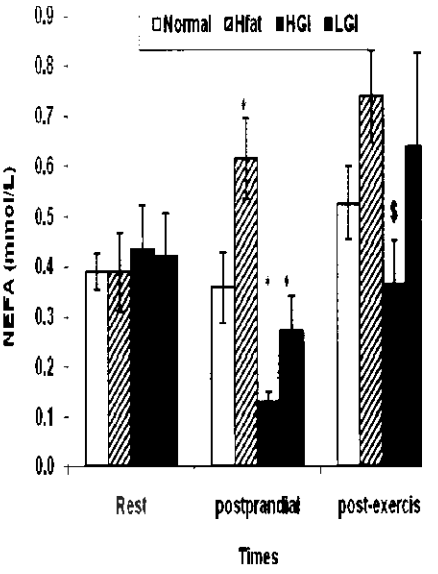
تفاوت معنی داری بین غلظتهای گلوکز بر چهار نوع غذا پیدا شد.اگرچه غلظت گلوکز بعد از چهار نوع غذای مختلف افزایش پیدا کرد اما این تغییر معنی دار نبود. غلظت گلوکز در طی ۳۰ دقیقه ورزش بعد از غذای پرچرب و پرکربوهیدرات با شاخص قندی پایین کاهش معنی داری پیدا کرد (شکل ۵).

همچنین روش آماری آنالیز واریانس دو طرفه و تکرار اندازه گیری، تاثیر معنی دار غذا و زمان را بر روی غلظت انسولین نشان نداد. غلظت انسولین بعد از غذای پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا، بطور معنی داری بالاتر از غلظت استراحت بود (شکل ۶). علاوه براین، زمانیکه داده های بعد از ورزش با غلظت آن پس از صرف غذا مقایسه گردید، کاهش معنی داری در غلظت انسولین در طی ورزش بعد از غذای معمولی، پرچرب و پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا پیدا شد.

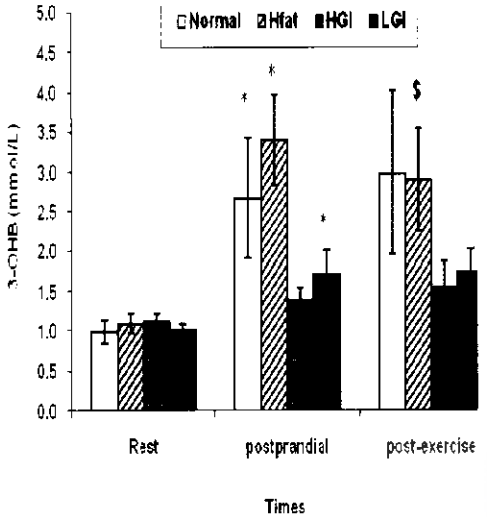
داده های هورمون رشد، IL-6 و کورتیزول در دوران استراحت، بعد از غذا و بعد از ورزش در جدول ۳ نشان داده شده است. داده های کورتیزول، هورمن رشد و IL-6 در پاسخ به چهار نوع غذای مختلف و ورزش مشابه بود. روش آماری دو طرفه و تکرار اندازه گیری واریانس نشان داد که غذاهای مختلف و ورزش هیچ تاثیری را بر روی این هورمونها نداشتند.



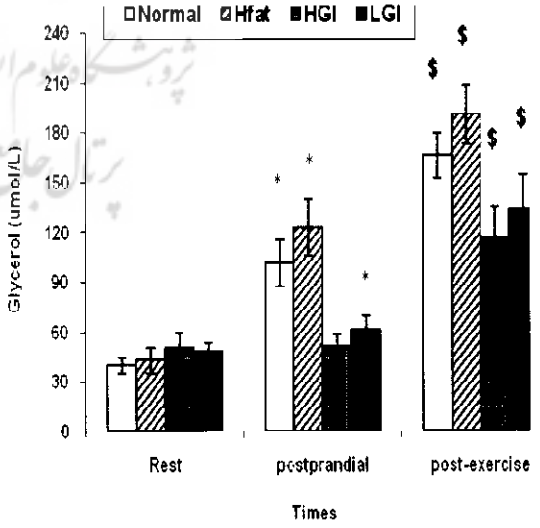
شکل ۱- سوخت چربی **(A 1)** و کربوهیدرات **(B 2)** را در طی ورزش بعد از مصرف غذاهای مختلف را نشان می دهد.



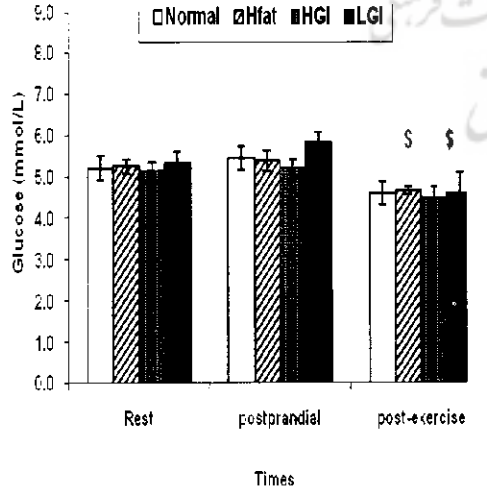
شکل ۲ – غلظت **Mean (±SE) NEFA** را در دوران استراحت، بعد از غذا و ورزش را نشان میدهد. * اختلاف داده ها را در حالت استراحت را نشان میدهد. $ اختلاف معنی دار داده ها را بعد از غذا نشان میدهد.



شکل ۴- غلظت **Mean (±SE) 3-OHB** در دوران استراحت، بعد از غذا و بعد از ورزش را نشان میدهد. * اختلاف معنی دار داده ها را در حالت استراحت را نشان میدهد. $ اختلاف معنی دار داده ها را بعد از غذا نشان میدهد.



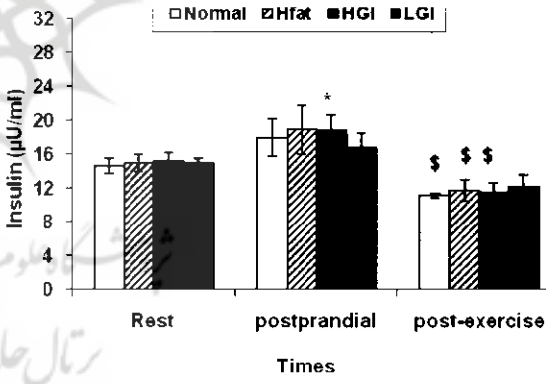
شکل ۳- غلظت گلیسرول **Mean (±SE)** در دوران استراحت ، بعد از غذا و بعد از ورزش را نشان میدهد. * اختلاف معنی دار داده ها را در حالت استراحت نشان میدهد. $ اختلاف معنی دار داده ها را بعد از غذا نشان میدهد.



شکل ۵- غلظت گلوکز **Mean (±SE)** در دوران استراحت ، بعد از غذا و بعد از ورزش را نشان میدهد. $ اختلاف معنی دار داده ها را بعد از غذا نشان میدهد.

جدول ۳- داده های هورمون رشد، **IL-6** و کورتیزول در دوران استراحت، بعد از غذا و بعد از ورزش.

هورمون	زمان	معمولی	پرچرب	شاخص قندی بالا	شاخص قندی پایین
هورمون رشد (μU/ml)	قبل از غذا	۱/۳± /۳	۰/۸±۰/۲	۲/۳± /۱	۲/۲± ۱/۹
	قبل از ورزش	۲ /۱±۰/۶	۱/۷±۰/۳	۵/۰±۱/۷	۲/۱±۰/۷
	بعد از ورزش	۳/۱ ±.۲/۱	۲/۵±۰/۹	۱/۹±۰/۳	۱/۹±۱/۳
IL6 (pg/ml)	قبل از غذا	۲ /۴۵±۰/۶۳	۲/۸۷±۶۲	۳/۳۶±۰/۷۹	۳/۱۱±۰/۷۴
	قبل از ورزش	۲/۷۳±۰/۵۳	۳/۳۰±۰/۹۲	۳/۵۳±۰/۸	۳/۱۱±۰/۹۲
	بعد از ورزش	۲/۴۵±۰/۳۹	۳/۴۳±۰/ ۹۷	۲/۶۴± ۰/۷۱	۲/۷±/۴۷
کورتیزول (ng/ml)	قبل از غذا	۱۰۰/۶±۱۵/۵	۱۰۸/۲±۱۸/۶	۱۱۲/۱۸±۱۲/۸	۹۷/۴±۱۴/۸
	قبل از ورزش	۷۰/۱± ۱۳	۵۷۸±۱۰/۳	۸۳ /۴±۲۳/۶	۶۵/۲±۶/۷
	بعد از ورزش	۱۳۶/±۲۱	۱۱۲/۶±۲۱/۹	۱۲۶±۹/۶	۹۹/۲±۲۰/۲



شکل ۶- غلظت انسولین **Mean (±SE)** را در دوران استراحت ، بعد از غذا و بعد از ورزش را نشان میدهد. * اختلاف معنی دار داد ه ها را در حالت استراحت را نشان میدهد. $ اختلاف معنی دار داده ها را بعد از غذا نشان میدهد.

بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر اولین تحقیقی است که تاثیر چهار نوع غذای مختلف قبل از ورزش را بر روی سوخت کربوهیدرات و چربی را در افراد مسن بررسی میکند. هدف اصلی این تحقیق بررسی تاثیر چهار نوع غذای معمولی، پرچرب، پرکربوهیدرات با شاخص قندی بالا، پر کربوهیدرات با شاخص قندی پایین بر روی اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در طی ۳۰ دقیقه ورزش دوچرخه سواری با شدت $60\% \dot{V}O_{2\,max}$ در افراد مسن (۷۰-۶۰ سال) بود. غذاهایی که قبل از ورزش مصرف شد، برای افزایش اسید چرب با خوردن غذای پرچربی و برای افزایش قند خون و افزایش غلظت انسولین بعد از غذا های با کربوهیدرات بالا می باشند. در تحقیق حاضر تفاوت معنی داری در سوخت چربی و کربوهیدرات در طی ورزش بعد از چهار نوع غذای مختلف مشاهده نشد. این نتایج با نتایج تحقیقات قبلی در نمونه های جوان که افزایش سوخت چربی را بعد از مصرف غذای پرچرب به خاطر دردسترس بودن و جابجایی اسید چرب مشاهده کرده بودند، مطابقت ندارند (۱۲، ۱۳). علاوه بر این، کاهش در سوخت چربی بعد از مصرف کربوهیدرات به هایپرانسولینیمیا نسبت داده شده است(۶، ۷).

دردسترس بودن و مصرف اسید چرب بعد از مصرف کربوهیدرات به خاطر افزایش انسولین کاهش پیدا می کند که باعث کاهش سوخت چربی به خاطر جلوگیری از ورود اسید چرب با زنجیره طولانی به داخل میتوکندری برای بتا اکسیداسیون میشود (۱۵، ۱۴). علیرغم اینکه مصرف کربوهیدرات باعث افزایش انسولین و کاهش اسید چرب میشود، نتایج ما نشان داد که اکسیداسیون کربوهیدرات در طی ورزش در مردان مسن تغییری نکرد. چندین مکانیسم شامل تخریب جذب گلوکز ناشی از تحریک انسولین موجب این نتایج شود.

افزایش ترشح اسیدهای چرب در افراد مسن بیشتر از انرژی مورد نیاز و ظرفیت سوختی بافتهای تنفسی سبب افزایش مقدار اسیدهای چرب اُکسید نشده میشود. افزایش اسیدهای چرب اُکسید نشده در افراد مسن ممکن است

چندین تاثیر معکوس متابولیکی شامل افزایش تولید گلوکز (۱۶) و تخریب جذب گلوکز ناشی از تحریک انسولین باشد (۱۷). اسیدهای چرب، تاثیرشان را توسط جلوگیری از پایرووات دی هیدروژناز و با افزایش درون سلولی گلوکز ۶ فسفات و جلوگیری از هگزوکیناز ۲ که باعث کاهش جذب گلوکز میشود، اعمال می دارند (۱۸). جلوگیری از فعالیت آنزیم های درگیر در انتقال گلوکز مانند **PI3** کیناز (**PI3-Kinase**)، ممکن است عامل دیگری برای تضعیف تحریک انسولین در جذب گلوکز در افراد مسن باشد (۱۹). جلوگیری از فعالیت آنزیم **PI3** کیناز باعث جلوگیری از جابجایی گلوت ۴ (**Glut-4**) به غشاء پلاسما یی میشود که تحریک انسولین برای جذب گلوکز را مختل میکند (۲۰).

اگرچه بعد از مصرف غذای پرچرب، غلظتهای NEFA و گلیسرول بیشتر از دیگر غذاها بود، میزان سوخت چربی در طی ورزش در پاسخ به مصرف چهار نوع غذای مختلف اختلاف معنی داری نداشت، که این یافته ها با نتایج در نمونه های جوان مغایرت داشت. سوخت چربی در طی ورزش در پاسخ به مصرف چهار نوع غذای مختلف اختلاف معنی داری نداشت (۱۳). ارزیابی نمونه های عضله اسکلتی آشکار کرده است که فعالیتهای آنزیمهای اکسیداسیون میتوکندری در افراد مسن نسبت به افراد جوان بخاطر کاهش حجم تراکم میتوکندری و عملکرد میتوکندری پایین است (۲۱). علیرغم افزایش تجزیه چربی، تغییراتی در سوخت چربی بعد از غذای پرچرب پیدا نشد. این نشان داده شده است که نسبت به انرژی مورد نیاز بدن، رها سازی اسید چرب در افراد مسن مختل نمی شود (۲۲). در حقیقت، در مقایسه با افراد جوان در افراد مسن، اسیدهای چرب بیشتر از انرژی مورد نیاز ترشح شده است. میزان ظهور اسیدهای چرب در حالت استراحت و در طی ورزش با انرژی مصرفی مساوی در افراد مسن در مقایسه با افراد جوان، بیشتر است (۲۳، ۲۴).

میزان سوخت چربی بالاتر در طی تمرین زیربیشینه و بعد از مصرف غذاهایی با شاخص قندی پایین در مردان سالم جوان در مقایسه به غذاهایی با شاخص قندی بالا گزارش داده شده است (۷، ۹). در رابطه با تاثیر شاخص قندی نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر غیر منتظره بودند، زیرا مقدار محاسبه شده سوخت چربی در طی ۳۰ دقیقه دوچرخه سواری بعد از مصرف غذای با شاخص قندی بالا و پایین که اختلاف معنی داری نداشتند. یک توضیح که برای این اختلاف ممکن است تخریب تحریک انسولین برای جذب گلوکز که مرتبط با جلوگیری از فعالیت آنزیم های درگیر در انتقال گلوکز مانند **PI3**-کیناز و پایرووات دی هیدروژناز از مسن باشد (۲۰)، و نتایج نشان دادند که غذاهایی با شاخص قندی بالا در مقایسه با شاخص قندی پایین منجر به افزایش بیشتر گلوکز خون و انسولین بعد از مصرف غذا شده اند(۷، ۲۵).

افزایش سطح گلوکز و انسولین بعد از غذا ممکن است بخاطر کاهش میزان تخلیه معده در افراد مسن باشند (۲۶). علاوه براین، به تاخیر افتادن جذب گلوکز توسط عضله و کبد ممکن است توضیح دیگری را فراهم کند، زیرا گلوت- ۴ که عمده ترین ایزوفرم در عضله اسکلتی است و مسئول تحریک انسولین برای جذب گلوکز است در افراد مسن کاهش می یابد (۲۷).

در تحقیق حاضر غلظت NEFA بعد از غذای پرچرب افزایش پیدا کرد که این با مطالعات قبلی که در افراد جوان انجام شده است، مطابقت دارد (۴، ۶). افزایش در غلظت NEFA که ۳ ساعت بعد از مصرف غذای پرچرب رخ داد، ممکن است نتیجه تجزیه تری گلیسرید توسط لیپوپروتئین لیپاز اندوتلیال باشد. هر دو غذای شاخص قندی بالا و پایین باعث کاهش غلظت NEFA ۳ ساعت بعد از مصرف غذا شدند. با این وجود غلظت NEFA در پایان ۳۰ دقیقه رکاب زدن بر روی دوچرخه با هر دوی شاخص قندی بالا و پایین به سطح دوران قبل از غذا افزایش پیدا کرد. سطوح بالاتر NEFA بعد از ورزش در مقایسه با قبل از ورزش، ممکن است به بالا بودن گلیکوژن عضله نسبت داده شده است که به نوبه خود ممکن است نتیجه افزایش انسولین بعد از غذا باشد (۷).

غلظت گلیسرول بعد از تمام غذاها بجز شاخص قندی بالا، افزایش پیدا کرد. عدم افزایش معنی دار گلیسرول بعد از شاخص قندی بالا، ممکن است بخاطر بالا بودن ترشح انسولین بعد از غذای با شاخص قندی بالا که باعث فعال شدن آنزیم لیپوپروتئین لیپاز در بافتهای چربی میشود، باشد (۲۸). لیپوپروتئین لیپاز فعال شده به وسیله انسولین، باعث جذب و ذخیره سازی تری گلیسرول بعد از یک وعده غذا می باشد. بنابرین افزایش ترشح انسولین بعد از غذای با شاخص قندی بالا در مطالعه حاضر، ممکن است برداشتن تری گلیسرید را افزایش و تجزیه چربی را کاهش داده که در نتیجه غلظت گلیسرول را کاهش می دهد. یافته مهم دیگر تحقیق حاضر این بود که غلظت گلیسرول بعد از غذای پرچرب به طور معنی داری بیشتر از غذاهای با شاخص قندی بالا و پایین بود که این نتایج مورفی[7] و همکارانش را (۱۹۹۵) در افراد جوان تایید می کند (۲۹). این افزایش گلیسرول، فقدان پاسخ انسولین به غذای پرچرب در مقایسه به بقیه غذاها را نشان می دهد.

7- Murphy

این نتایج با نتایج ویتلی و همکارانش (۱۹۹۸) که افزایش گلیسرول را بعد از غذای پرچرب در مردان جوان دوچرخه سوار تمرین کرده گزارش دادند، مطابقت دارد.

بطورکلی تحقیق حاضر نشان داد که مصرف غذاهای با نسبتهای متفاوت کربوهیدرات و چربی در افراد مسن سوخت و سازی فاکتورهای متابولیک را در دوران استراحت و طی ورزش تغییر میدهند. با این وجود، نه غذاها و نه زمان، تاثیر معنی داری بر روی هورمونها نداشتند. علاوه بر این تفاوتی بین میزان سوخت چربی در پاسخ به غذاهای با شاخص قندی بالا و پایین وجود نداشت، که این نتایج با نتایج بدست آمده بر روی نمونه های جوان متناقض بود. بر اساس این یافته ها، این نتیجه به دست می آید که سوخت و ساز کربوهیدرات و چربی در افراد مسن در پاسخ به غذا در دوران استراحت و ورزش با افراد جوان متفاوت است، که بررسی این مسئله و پیدا کردن مکانیسمهای مسئول برای این پاسخهای متفاوت بویژه در رابطه به عملکرد و حساسیت انسولین در افراد مسن نیازمند تحقیقات بیشتری است.

منابع

1- Brouns F., vander vusse G.J. (1998). Utilization of lipids during exercise in human subjects: metabolic and dietary constraints. British Journal of Nutrition. 79(2):117-28.

2- Ainslie P.N., Abbas K., Campbell I.T., Frayn K.N., Harvie M., Keegan M.A., MacLaren D.P., Macdonald I.A., Paramesh K., Reilly T. (2002). Metabolic and appetite responses to prolonged walking under three isoenergeticdiets. Journal of Applied Physiology. 92(5): 2061-70.

3- Clarkson P.M. (1996). Nutrition for improved sports performance. Current issues on ergogenic aids. Sports and Medicine. 21(6): 393-401.

4- 4.Whitley H.A., Humphreys S.M., Campbell I.T., Keegan M.A., Jayanetti T.D., Sperry D.A., MacLaren D.P., Reilly T., Frayn K.N. (1998). Metabolic and performance responses during endurance exercise after high-fat and high-carbohydrate meals. Journal of Applied Physiology. 85(2): 418-24.

5- Nilsson L.H., Hultman E. (1973). Liver glycogen in man--the effect of total starvation or a carbohydrate-poor diet followed by carbohydrate refeeding. Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation. 32(4): 325-30.

6- Wee SL., Williams C., Gray S., Horabin J. (1999). Influence of high and low glycemic index meals on endurance running capacity. Medicine and Science in Sports and Exercise. 31(3): 393-9.

7- Wu CL., Nicholas C., Williams C., Took A., Hardy L. (2003). The influence of high-carbohydrate meals with different glycaemic indices on substrate utilisation during subsequent exercise. British Journal of Nutrition. 90(6): 1049-56.

8- Wolfe R.R. (1998). Metabolic interactions between glucose and fatty acids in humans. American Journal of Clinical Nutrition. 67(3 Suppl): 519S-526S.

9- Stevenson E., Williams C., Nute M. (2005). The influence of the glycaemic index of breakfast and lunch on substrate utilisation during the postprandial periods and subsequent exercise. British Journal of Nutrition. 93(6): 885-93.

10- Frayn K.N. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. Journal of Applied Physiology. 55(2): 628-34.

11- Dill D.B., and D.L. Costill. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in hydration. Journal of Applied Physiology. 37, 247-248.

12- Okano G., Sato Y., Murata Y. (1998). Effect of elevated blood FFA levels on endurance performance after a single fat meal ingestion. Medicine and Science in Sports and Exercise. 30(5): 763-8.

13- Hawley J.A., Burke L.M., Angus D.J., Fallon K.E., Martin D.T., Febbraio M.A. (2000). Effect of altering substrate availability on metabolism and performance during intense exercise. British Journal of Nutrition. 84(6): 829-38.

14- Sidossis L.S., Stuart C.A., Shulman G.I., Lopaschuk G.D., Wolfe R.R. (1996). Glucose plus insulin regulate fat oxidation by controlling the rate of fatty acid entry into the mitochondria. Journal of Clinical Investigation. 98(10): 2244-50.

15- Coyle E.F., Jeukendrup A.E., Wagenmakers A.J., Saris W.H. (1997). Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. American Journal of Physiology. 273 (2): 268-75.
16- Fanelli C., Calderone S., Epifano L., De Vincenzo A., Modarelli F., Pampanelli S., Perriello G., De Feo P., Brunetti P., Gerich J.E., et al. (1993). Demonstration of a critical role for free fatty acids in mediating counterregulatory stimulation of gluconeogenesis and suppression of glucose utilization in humans. Journal of Clinical Investigation. 92(4): 1617-22.
17- Boden G., Chen X., Ruiz J., White J.V., Rossetti L. (1994). Mechanisms of fatty acid-induced inhibition of glucose uptake. Journal of Clinical Investigation. 93(6): 2438-46.
18- Wahren J., Hagenfeldt L., Felig P. (1975). Glucose and free fatty acid utilization in exercise. Studies in normal and diabetic man. Journal of Medical Sciences.11(6): 551-9.
19- Vukovich M.D., Costill D.L., Hickey M.S., Trappe S.W., Cole K.J., Fink W.J. (1993). Effect of fat emulsion infusion and fat feeding on muscle glycogen utilization during cycle exercise. Journal of Applied Physiology. 75(4): 1513-8.
20- Manetta J., Brun J.F., Maimoun L., Galy O., Coste O., Maso F., Raibaut J.L., Benezis C., Lac G., Mercier J. (2002). Carbohydrate dependence during hard-intensity exercise in trained cyclists in the competitive season: importance of training status. International Journal of Sports and Medicine. 23(7): 516-23.
21- Rooyackers O.E., Adey D.B., Ades P.A., Nair K.S. (1996). Effect of age on in vivo rates of mitochondrial protein synthesis in human skeletal muscle. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 93(26): 15364-9.
22- Groop L.C., Bonadonna R.C., Shank M., Petrides A.S., DeFronzo R.A. (1991). Role of free fatty acids and insulin in determining free fatty acid and lipid oxidation in man. Journal of Clinical Investigation. 87(1): 83-9.
23- Sial S., Coggan A.R., Carroll R., Goodwin J., Klein S. (1996). Fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly and young subjects. American Journal of Physiology. 271(6): 983-989.
24- Toth M.J., Arciero P.J., Gardner A.W., Calles-Escandon J., Poehlman E.T. (1996). Rates of free fatty acid appearance and fat oxidation in healthy younger and older men. Journal of Applied Physiology. 80(2): 506-11.
25- Febbraio M.A., Keenan J., Angus D.J., Campbell S.E., Garnham A.P. (2000). Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. Journal of Applied Physiology. 89(5): 1845-51.
26- Roberts S.B., Rosenberg I. (2006). Nutrition and aging: changes in the regulation of energy metabolism with aging. Physiological Reviews. 86(2): 651-67.
27- Strubbe J.H. (1992). Parasympathetic involvement in rapid meal-associated conditioned insulin secretion in the rat. American Journal of Physiology. 263(3): 615-8.
28- Eckel R.H. (1989). Lipoprotein lipase. A multifunctional enzyme relevant to common metabolic diseases. The New England Journal of medicine. 320(16): 1060-8.
29- Murphy M.C., Isherwood S.G., Sethi S., Gould B.J., Wright J.W., Knapper J.A., Williams C.M. (1995). Postprandial lipid and hormone responses to meals of varying fat contents: modulatory role of lipoprotein lipase? European Journal of Clinical Nutrition. 49(8): 578-88.

آدرس نویسنده مسئول: دکتر مینو باسامی (استادیار)
تهران، خیابان مطهری، خیابان میرعماد، کوچه پنجم، پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری.
mbassami@yahoo.co.uk