

## Changes in Matrix Metallo-proteinases 2, 9 and Tissue Inhibitor of Matrix Metalloproteinase 1 to Synchronized Exercise Training and Celery, as an Herbal Supplement, in Overweight Women

Fatemeh Seidanloo<sup>1</sup>, Parvin Farzanegi<sup>2\*</sup>

1- M.Sc., Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran

2- Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran

\*Corresponding Address: P.O.Code: 4816119318, Department of Sport Physiology, Faculty of Humanities, Sari Branch of Islamic Azad University, Darya Road, Sari, Iran  
Email: Parvin.farzanegi@gmail.com

Received: 21/Jun/2014, Accepted: 05/Nov/2014

### Abstract

**Objective:** Obesity increases production of the extracellular matrix (ECM) role in pathological cardiovascular damage. Regular exercise and the use of medicinal plants, particularly celery, in damage to be effective. The aim of this study is to investigate the changes in matrix metalloproteinases 2,9 (MMP 2,9) and tissue inhibitor of matrix metalloproteinase 1 (TIMP-1) with synchronized exercise training and herbal supplementation with celery in overweight women.

**Methods:** We randomly divided 28 overweight women into four groups: exercise, supplement, exercise-supplement, and control. Pilates training was performed for three sessions per week, for 60 minutes per session. Celery was administered at a dose of 3900 g per day in 3 capsules as a supplement. Blood sampling was performed before and 48 h after the last intervention. The analysis was performed by a paired t-test and one way analysis of variance ( $p \leq 0.05$ ).

**Results:** After eight weeks, the levels of MMP-2, MMP-9 and body weight decreased and TIMP-1 increased in the exercise, supplement, and exercise-supplement groups ( $p < 0.05$ ). A significant difference was observed between the groups.

**Conclusion:** The results showed that Pilates training and celery each, separately, had positive effects on MMP-2, MMP-9 and TIMP-1 in overweight women. However, the simultaneous effect of exercise and supplementation led to better efficiency.

**Keywords:** Pilates, Celery, Matrix metalloproteinases 2, 9, Tissue inhibitor matrix metalloproteinase 1

Modares Journal of Medical Sciences: *Pathobiology*, Vol. 18 (2015-2016), No. 1, Pages: 107-118

# بررسی تغییرات ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و ۹ و مهارکننده بافتی ماتریکس متالوپروتئیناز ۱ به دنبال فعالیت بدنی منظم و استفاده همزمان از مکمل گیاهی کرفس در زنان دارای اضافه وزن

فاطمه صیدانلو<sup>۱</sup>، پروین فرزاتنگی<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ساری، ایران

۲- استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ساری، ایران

\*آدرس نویسنده مسئول: ایران، ساری، کدپستی: ۴۸۱۶۱۱۹۳۱۸، کیلومتر ۷ جاده دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، دانشکده علوم انسانی، گروه فیزیولوژی ورزشی  
Email: Parvin.farzanegi@gmail.com

پذیرش مقاله: ۹۳/۰۸/۱۴

دریافت مقاله: ۹۳/۰۳/۳۱

## چکیده

**هدف:** افزایش وزن با تحریک فعالیت ماتریکس متالوپروتئینازها در آسیب‌های پاتولوژیکی سیستم قلبی-عروقی نقش اساسی دارد. به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی منظم و استفاده از گیاهان دارویی به‌ویژه کرفس در کاهش آسیب مؤثر باشد. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تغییرات ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و ۹ و مهارکننده بافتی ماتریکس متالوپروتئیناز ۱ متعاقب فعالیت بدنی منظم و مکمل گیاهی کرفس در زنان دارای اضافه وزن بود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه نیمه تجربی ۲۸ زن دارای اضافه وزن به‌صورت تصادفی به چهار گروه تمرین، مکمل، تمرین - مکمل و کنترل تقسیم شدند. تمرین پیلاتس به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۶۰ دقیقه انجام شد. مکمل کرفس روزانه به میزان ۳۹۰۰ میلی‌گرم در قالب ۳ عدد کیسول ۱۳۰۰ میلی‌گرمی مصرف شد. خون‌گیری قبل و بعد از ۸ هفته تمرین و مصرف مکمل به دنبال ۴۸ ساعت عدم مصرف مکمل و ۱۲ ساعت ناشتایی برای اندازه‌گیری ماتریکس متالوپروتئیناز ۲، ماتریکس متالوپروتئیناز ۹ و مهارکننده بافتی ماتریکس متالوپروتئیناز ۱ انجام شد. تجزیه و تحلیل یافته‌ها با استفاده از آزمون‌های t زوج و آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد ( $P \leq 0/05$ ).

**نتایج:** پس از هشت هفته میزان ماتریکس متالوپروتئیناز ۲، ماتریکس متالوپروتئیناز ۹ و وزن در گروه مکمل، تمرین و تمرین - مکمل کاهش و مهارکننده بافتی ماتریکس متالوپروتئیناز ۱ افزایش معنی‌داری یافت ( $P < 0/05$ ). همچنین بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد انجام تمرینات پیلاتس و مصرف کرفس هر کدام به‌طور مجزا، تأثیر مثبت بر ماتریکس متالوپروتئیناز ۹، ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و مهارکننده بافتی ماتریکس متالوپروتئیناز ۱ در زنان دارای اضافه وزن داشت، ولیکن تأثیر همزمان فعالیت ورزشی و مصرف مکمل می‌تواند به بازده بهتری منجر شود.

**کلیدواژه‌گان:** پیلاتس، کرفس، ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و ۹، مهارکننده بافتی ماتریکس متالوپروتئیناز ۱

مجله علوم پزشکی مدرس: آسیب‌شناسی زیستی، دوره ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، صفحات: ۱۰۷-۱۱۸

## مقدمه

ماتریکس متالوپروتئینازها (Matrix Metalloproteinase: MMPs) گروه بزرگی از آنزیم‌های پروتئاز است که تاکنون

## تغییرات ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و ۹ و تجویز کرفس

کردند [۳]. کوک (Cook) و همکاران (۲۰۱۳) هم کاهش در سطوح MMP-9 پس از ۶ هفته تمرین مقاومتی در مردان ۱۸ تا ۳۵ سال مشاهده کردند [۴] داستانی (Dastani) و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند هشت هفته تمرین هوازی، سه جلسه در هفته و هر هفته ۵۰ دقیقه موجب کاهش MMP-9 و افزایش TIMP-1 در زنان دیابتی می‌شود [۵] ولی نتایج مطالعه لیت (Leite) و همکاران (۲۰۱۳) افزایش در MMP-2 بافت قلب و کاهش در فشار خون پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی در موش‌های چاق را نشان داد [۶].

به تازگی متخصصین برای به حداقل رساندن مشکلات و عوارض چاقی در کنار تمرینات ورزشی به استفاده از محصولات طبیعی و جایگزین توجه خاصی پیدا کرده‌اند [۷]. از طرفی دیگر؛ بررسی‌ها نشان داده است که آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی با جلوگیری از استرس اکسیداتیو، خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن (مثل دیابت، کبد چرب و ...) را کاهش داده و باعث ارتقا سلامتی می‌شوند [۸، ۹]. گیاه دارویی کرفس (*Selery*) از تیره *Apium graveolens* و از خانواده *Umbelliferae*، دو ساله و دارای ساقه منشعب است که در ایران، ناحیه مدیترانه و جنوب اروپا می‌روید. دانه کرفس به‌واسطه وجود دلیمونن (*D-Limonene*) (۶۰ درصد) و میرسن (*Myrcene*) دارای اثر ضد دردی و ضد التهابی است [۹]. همچنین دارای انواعی ویتامین‌ها از جمله A و C است و به همین علت آثار ضد التهابی و ضد سرطانی را به آن نسبت می‌دهند [۹، ۱۰].

چندین بررسی نشان دادند فلاونوئیدهای گیاهی در غلظت‌های فیزیولوژیک قادر به مهار MMP-9 و MMP-2 است [۱۱]. به طوری که وانگ (Wang) و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند مصرف کوئرستین با دوز ۶۰ میلی‌گرم در روز به مدت ۸ هفته موجب کاهش MMP-9، MMP-2 و TIMP-1 در موش‌های کوچک آزمایشگاهی می‌شود [۱۲]. لی (Lee) و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند مصرف جنسینگ (*Panax ginseng*) منجر به کاهش فعالیت MMP-9 و MMP-2 و سطوح mRNA عوامل آنژیوژنیک (*Angiogenic*) [فاکتور

۲۶ عضو این خانواده شناسایی شده است. این آنزیم‌ها توسط انواع مختلفی از سلول‌ها مانند آدیپوسیت‌ها (*Adipocytes*)، عضلات صاف، مونوسیت‌ها و سلول‌های اندوتلیوم تولید می‌شوند، که براساس تشابه ساختاری به پنج زیرگروه کلاژنازها (*Collagenases*)، ژلاتینازها (*Gelatinases*)، متالوپروتئینازها و استرومیلیزین‌ها (*Stromelysins*) تقسیم می‌شوند. بیشترین انتشار و فعالیت مربوط به کلاژن‌های ۷۲ و ۹۲ کیلودالتونی است که به ترتیب MMP-2 و MMP-9 مربوط می‌شود [۱].

تحت شرایط فیزیولوژیکی مانند رگ‌زایی، ترمیم زخم و ... این آنزیم‌ها برای تجزیه ماتریکس خارج سلولی (*Extra Cellular Matrix: ECM Tissue Inhibiture Matrix*) نقش بسیار مهمی دارد، اما با مهارکننده‌های بافتی درون‌زا (*Metalloproteinase: TIMP*) کنترل می‌شود. در شرایط پاتولوژیکی همانند چاقی و انواع بیماری‌های متابولیکی و فشارهای فیزیکی و مکانیکی، بیان و فعالیت این آنزیم‌ها به‌واسطه ترشح سایتوکین‌های پیش التهابی افزایش می‌یابد و سبب تجزیه انواع کلاژن‌ها و ژلاتینازها و به هم خوردن ساختار میکروآناتومی بافت‌های بدن می‌شود که نتیجه آن تشدید التهاب و بروز بیماری‌های مختلفی مانند ضایعات قلبی، تخریب دیواره عروقی، تسریع گسترش سلول‌های سرطانی، آترواسکلروز (*Atherosclerosis*) و ... در طول زمان است [۲]. آترواسکلروز یک بیماری مزمن التهابی است که در اثر تجمع ماتریکس خارج سلولی و سلول‌های عضله صاف و تشکیل پلاک ایجاد می‌شود. به طوری که فعال‌کننده‌های پلاسمینوژن (*Plasminogen*)، ماتریکس متالوپروتئینازها را فعال می‌کند و در نتیجه لایه‌های عروق تخریب و در نهایت ضخامت دیواره عروق از طریق افزایش تجمع چربی در جدار عروق افزایش می‌یابد [۳].

مطالعات نشان می‌دهد فعالیت بدنی منظم می‌تواند موجب بهبود تغییرات پاتولوژیکی ناشی از اختلالات متابولیکی شود. در همین راستا دانلی (Donley) و همکاران (۲۰۱۴) کاهش در میزان MMPها متعاقب ۸ هفته فعالیت ورزشی را گزارش

رشد اندوتلیال عروقی (Vascular Endothelial Growth Factor A: VEGFA)، فاکتور رشد فیروبیلاست-۲ (Fibroblast Growth Factor 2: FGF-2) و افزایش سطوح mRNA مهار کننده‌های آنژیوژنیک [ترومبوسپوندین-۱ (Thrombospondin 1: TSP-1)، TIMP-1، TIMP-2] بافت چربی موش‌های نژاد C57BL/6J می‌شود [۱۳].

در سال‌های اخیر تمایل زنان به انجام تمرینات پیلاتس به جهت توسعه تندرستی و تناسب اندام با تمرکز اصلی آن بر بهبود انعطاف و قدرت، افزایش یافته است. به علاوه پیلاتس به عنوان یک راهبرد تمرینی مهم برای حفظ قدرت عضلانی بدون تغییر حجم عضلات، کاهش لیپیدهای خون و در نهایت کاهش التهاب توصیه می‌شود [۱۴].

با توجه به این که مطالعات محدودی در خصوص تأثیر تمرین پیلاتس و گیاه کرفس بر سطوح پلاسمایی MMPها در زنان مبتلا به اضافه وزن در دسترس است؛ همچنین پاسخ MMPها به تعامل تمرین و مکمل کرفس به روشنی مشخص نیست؛ بنابراین مطالعه حاضر در نظر دارد به بررسی تغییرات MMP-9، MMP-2 و TIMP-1 متعاقب فعالیت بدنی منظم و مکمل گیاهی کرفس در زنان دارای اضافه وزن بپردازد.

## مواد و روش‌ها

### آزمودنی‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با استفاده از طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود. این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری با کد ۱۶-۱۳۹۴ به تصویب رسید. بدین منظور ۲۸ زن میانسال غیر فعال دارای اضافه وزن [۱۵] پس از فراخوانی از طریق اطلاعیه در باشگاه‌های ورزشی مختص زنان که حاضر به همکاری با محقق برای معاینات لازم و تأیید شرایط ورود به پژوهش بودند، به صورت نمونه گیری هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. داوطلبین بعد از تکمیل پرسشنامه که به منظور آگاهی از

سن، سابقه دیابت و سایر بیماری‌های قلبی عروقی و مشکلات ارتوپدی و مادرزادی، داروهای مورد استفاده، میزان فعالیت جسمانی در اختیار آن‌ها قرار گرفته بود؛ توسط پزشک معاینه و تأیید پزشک مبنی بر سلامت آنان انجام شد. داوطلبین با ویژگی‌هایی مانند هر گونه بیماری قلبی تنفسی، دیابت، پر فشار خونی، مصرف سیگار، هورمون یا مکمل و مشکلات ارتوپدی و بیماری‌هایی که مانع ورزش کردن آن‌ها شود، به تحقیق راه نیافتند. آزمودنی‌ها پس از غربالگری و انتخاب توسط محقق، از نحوه شرکت در فرآیند تحقیق آگاهی کامل یافتند و با تکمیل رضایت‌نامه کتبی به تحقیق راه یافتند. به علاوه آن‌ها مجاز بودند در صورت عدم تمایل به همکاری یا عدم تحمل شرایط تحقیق، از ادامه همکاری انصراف دهند. در ادامه آزمودنی‌ها به طور تصادفی به گروه‌های تمرین - دارونما، مکمل، تمرین - مکمل و دارونما تقسیم شدند. سپس وزن افراد با استفاده از ترازوی دیجیتال آلمانی با دقت ۰/۱ کیلوگرم بدون کفش با حداقل لباس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قد، از قدسنج مدل سکا (Seca) ساخت کشور آلمان با حساسیت ۰/۰۱ متر استفاده شد. درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه سنجش ترکیب بدن ساخت کشور تایوان سنجیده شد. شاخص توده بدن از تقسیم وزن (کیلوگرم) به مجذور قد (متر) محاسبه شد. همچنین ضربان قلب آزمودنی‌ها با استفاده از ضربان‌سنج پولار طی تمرین هوازی کنترل شد و حداکثر ضربان قلب شرکت کنندگان با استفاده از رابطه (سن - ۲۲۰) محاسبه شد. کلیه اندازه‌گیری‌ها در صبح (در ساعات ۹ تا ۱۰) انجام شد.

### برنامه تمرین هوازی

برنامه تمرینی برای گروه‌های تمرین و تمرین - مکمل، شامل یک ساعت تمرین پیلاتس، ۳ جلسه در هفته و به مدت ۸ هفته بود. برنامه هر جلسه تمرینی شامل گرم کردن، حرکات اصلی پیلاتس و سرد کردن بود. تمرینات پیلاتس شامل حرکات کششی پیشرفته، قدرت، تعادل، انعطاف‌پذیری و هماهنگی عصبی عضلانی بود و با تمرکز بر عضلات بزرگ بالا

## تغییرات ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و ۹ و تجویز کرفس

۱۰ سی سی از ورید بازویی در حالت نشسته در ساعات ۸-۱۰ صبح به عمل آمد. سپس گروه مداخله به مدت ۸ هفته تحت تأثیر متغیرهای مستقل (تمرین پیلاتس و مصرف کرفس) قرار گرفتند. در پایان تحقیق، تحت شرایط پیش آزمون مجدداً خون‌گیری انجام شد. سپس نمونه‌های خونی در لوله‌های آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) ریخته شد و برای جداسازی پلاسما با دور ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شد. پلاسما به دست آمده برای اندازه‌گیری مقادیر MMP9، MMP2 و TIMP1 پلاسما در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شد. سنجش غلظت MMP9، MMP2 و TIMP1 توسط دستگاه خواننده الیزا (ELISA) (Awareness Stat Fax 2100، آمریکا) و با استفاده از کیت‌های تخصصی (Cusabio biotech Inc، چین) به ترتیب کیت MMP2 با دامنه اندازه‌گیری ۵۰-۰/۷۸ و درجه حساسیت ۰/۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر، کیت MMP9 با دامنه اندازه‌گیری ۱۰-۰/۱۶ و درجه حساسیت ۰/۰۴ نانوگرم بر میلی‌لیتر و کیت TIMP1 با دامنه اندازه‌گیری داخلی ۱۲/۵-۵۰۰۰ و درجه حساسیت ۰/۵ پیکوگرم بر میلی‌لیتر انجام شد.

## روش‌های آماری

داده‌ها بر حسب شاخص‌های مرکزی و پراکندگی توصیف شد. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و تجانس واریانس‌ها از آزمون‌های اسمیرنوف-کلموگروف (Kolmogorov-Smirnov) و لوین (Levene) به ترتیب استفاده شد. به علاوه از آزمون‌های t زوج (برای بررسی تغییرات درون گروهی) و تحلیل واریانس یک طرفه (برای بررسی تغییرات بین گروهی) استفاده شد و در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها، برای تعیین محل اختلاف از آزمون تعقیبی توکی (Tukey) در سطح معنی‌داری  $P \leq 0.05$  استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار

تنه و پایین تنه و در سه وضعیت ایستاده، نشسته، خوابیده و بدون نیاز به تجهیزات تخصصی انجام شد. تمرینات فوق از سطوح پایین شروع و به تدریج توسعه یافت. به منظور رعایت اصل اضافه بار، سرعت و تکرار حرکات در هر جلسه، نسبت به جلسه قبلی افزایش یافت؛ به طوری که از ۱۰ تکرار در هفته اول شروع شد و به تدریج در جلسه هشتم به ۴۰-۴۵ تکرار رسید. همچنین به منظور تنظیم کنترل ضربان قلب و ثابت نگه داشتن شدت تمرین طی جلسات هر هفته، ضربان قلب از طریق ضربان‌سنج پولار کنترل شد [۱۶].

## مکمل کرفس

شامل دانه‌های کرفس بود که به صورت کپسول حاوی ۱/۳ گرم دانه‌های کرفس پودر شده در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. آزمودنی‌های گروه‌های مکمل و تمرین - مکمل، پس از صرف غذا به همراه یک لیوان مایعات، ۳ بار در روز و به مدت ۸ هفته میل نمودند. همچنین گروه تمرین - دارونما و دارونما هم کپسول حاوی ۱/۳ گرم پودر نشاسته را پس از صرف غذا به همراه یک لیوان مایعات، ۳ بار در روز میل نمودند [۱۷].

## پرسشنامه یادآمد غذایی

وضعیت تغذیه آزمودنی‌ها با استفاده از پرسشنامه یادآمد ۲۴ ساعته به دست آمد. بدین صورت که طی پژوهش از آزمودنی‌ها خواسته شد تا هر ماده غذایی که در طول روز مصرف می‌نمایند را برای ۳ روز یادداشت نمایند. بر این اساس میزان کالری دریافتی روزانه افراد، طبق برنامه نرم‌افزار رایانه‌ای پردازش غذا محاسبه شد. همچنین به آزمودنی‌ها توصیه شد رژیم غذایی معمولی خود را طی دوره تحقیق (به‌ویژه در مراحل قبل از خون‌گیری) رعایت نمایند.

## نحوه خون‌گیری و سنجش متغیرها

خون‌گیری اولیه پس از ۱۲-۱۴ ساعت ناشتایی به میزان

مکمل و کنترل در جدول ۱ آورده شده است. نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف و لوین بیانگر عدم اختلاف معنی داری بین متغیرهای فوق در مرحله پیش آزمون در گروه‌های تحقیق بود که این یافته بیانگر همگنی گروه‌ها در آغاز پژوهش است ( $P > 0/05$ ).

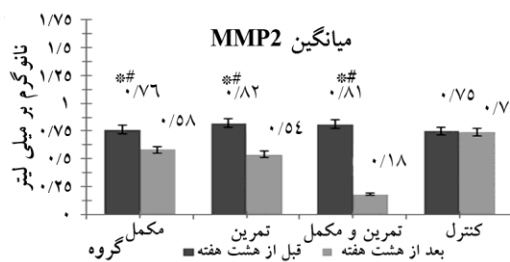
## نتایج

ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدن به تفکیک گروه‌های مکمل، تمرین، تمرین -

جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین)

گروه	سن (سال)	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن	درصد چربی
مکمل	۳۴ $\pm$ ۶	۱/۶۱ $\pm$ ۷/۵۷	۶۷/۶ $\pm$ ۵/۸	۲۶/۱ $\pm$ ۳/۱	۳۱/۴ $\pm$ ۷/۴
تمرین	۲۸/۱ $\pm$ ۴/۹	۱/۶۱ $\pm$ ۶/۴	۶۸/۷ $\pm$ ۴/۷	۲۶/۷ $\pm$ ۳/۵	۳۳/۶ $\pm$ ۴/۲
تمرین - مکمل	۲۷/۴ $\pm$ ۷/۹	۱/۵۶ $\pm$ ۳/۵	۶۴/۴ $\pm$ ۵/۹	۲۶/۳ $\pm$ ۲/۷	۳۳/۸ $\pm$ ۳/۷
کنترل	۳۴/۴ $\pm$ ۳/۲	۱/۵۹ $\pm$ ۲/۶	۷۰/۴ $\pm$ ۷/۲	۲۷/۸ $\pm$ ۲/۵	۳۵/۵ $\pm$ ۴/۰۳
ارزش P	۰/۱۵	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۷۵	۰/۵۴

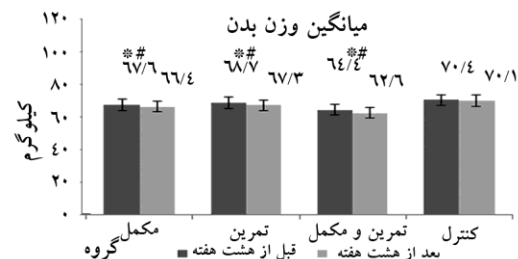
۸ هفته مصرف کرفس همراه با تمرینات پیلاتس منجر به کاهش MMP-2 (به ترتیب گروه تمرین  $P=0/000$ ، گروه مکمل  $P=0/001$  و تمرین - مکمل  $P=0/000$ ) در زنان دارای اضافه وزن شد. با توجه به نتایج آزمون ANOVA و آزمون تعقیبی توکی، میانگین سطوح MMP-2 در گروه‌های تمرین ( $P=0/001$ )، مکمل ( $P=0/001$ ) و تمرین - مکمل ( $P=0/001$ ) در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود، همچنین تفاوت معنی داری در سطوح MMP-2 بین گروه‌های مکمل و تمرین - مکمل مشاهده شد ( $P=0/001$ ) (شکل ۲).



شکل ۲ میزان MMP2 گروه‌ها پیش و پس از هشت هفته (خطای استاندارد  $\pm$  میانگین)؛ \* تفاوت معنی دار با پیش آزمون ( $P < 0/05$ )، # تفاوت معنی دار با گروه کنترل ( $P < 0/05$ )

همچنین ۸ هفته مصرف کرفس همراه با تمرینات پیلاتس

براساس یافته‌ها، ۸ هفته مصرف کرفس همراه با تمرینات پیلاتس منجر به کاهش وزن (به ترتیب گروه تمرین  $P=0/000$ ، گروه مکمل  $P=0/000$  و تمرین - مکمل  $P=0/000$ ) در زنان دارای اضافه وزن شد. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way Analysis of Variance: ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی نشان داد که میانگین پس آزمون وزن در گروه‌های تمرین ( $P=0/019$ )، مکمل ( $P=0/047$ ) و تمرین - مکمل ( $P=0/000$ ) در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود، همچنین تفاوت معنی داری در سطوح MMP-9 بین گروه‌های مکمل و تمرین - مکمل ( $P=0/012$ ) و تمرین و تمرین - مکمل ( $P=0/005$ ) مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱ میزان وزن بدن گروه‌ها پیش و پس از هشت هفته (خطای استاندارد  $\pm$  میانگین)؛ \* تفاوت معنی دار با پیش آزمون ( $P < 0/05$ )، # تفاوت معنی دار با گروه کنترل ( $P < 0/05$ )

## تغییرات ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و ۹ و تجویز کرفس

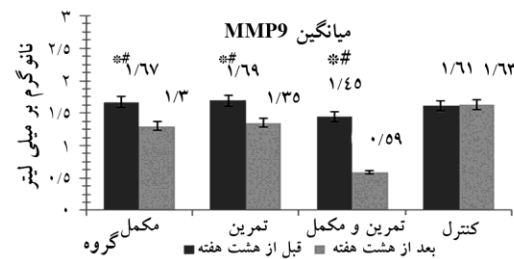
یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی، میانگین سطوح پس آزمون TIMP-1 در گروه‌های تمرین ( $P=0/000$ )، مکمل ( $P=0/004$ ) و تمرین-مکمل ( $P=0/000$ ) در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود، همچنین تفاوت معنی‌داری در سطوح MMP-9 بین گروه‌های مکمل و تمرین-مکمل ( $P=0/012$ ) و تمرین و تمرین-مکمل ( $P=0/005$ ) مشاهده شد (شکل ۴).

## بحث

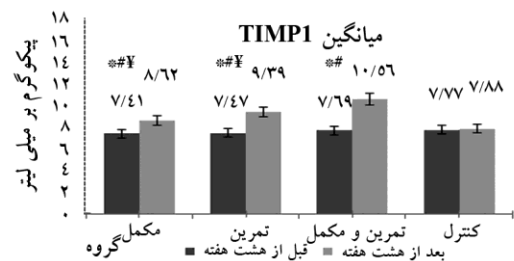
براساس یافته‌های تحقیق حاضر سطوح MMP-9، MMP-2 و وزن بدن پس از مصرف مکمل کرفس یا تمرین پیلاتس کاهش و TIMP-1 افزایش معنی‌دار یافت. اما اثر تعاملی تمرین و مکمل منجر به تغییرات بیشتری در متغیرهای فوق در مقایسه با مکمل و تمرین به تنهایی شد که ممکن است بیانگر تقویت آثار ورزش پیلاتس با مکمل کرفس بر کاهش آسیب ماتریکس خارج سلولی و التهاب ناشی از MMP-9 و MMP-2 و در نتیجه کاهش سایر شاخص‌های التهابی باشد که از طریق آن القا می‌شود.

افزایش وزن، خطر ابتلا به بیماری‌های متابولیکی و قلبی - عروقی و ... را در زنان افزایش می‌دهد [۱۸]. مطالعات متعددی نشان داده است که تعامل دو جانبه بین آدیپوسیت‌های بافت چربی و سلول‌های اندوتلیال وجود دارد، به طوری که اختلال عملکرد هر قسمت تأثیر اساسی بر سیستم دیگر دارد [۱۹، ۲۰]. ارتباط میان سلول‌های اندوتلیال مویرگ و آدیپوسیت‌ها به طور مستقیم از طریق مسیرهای سیگنالینگ (Signalling) پاراکرین (Paracrine) و اجزای برون سلولی و تعامل بین سلول‌ها است. برخی از آنزیم‌های MMP به‌ویژه MMP-2 و MMP-9 که از آدیپوسیت‌ها تولید می‌شوند، با تجزیه ماتریکس خارج سلولی در تمایز پری آدیپوسیت‌ها و بلوغ عروق ریز و در نهایت تجدید ساختار بافت چربی نقش به‌سزایی دارند. همچنین حذف TIMP-1 [مهارگر مهم آنژیوژنز (Angiogenesis)] منجر به کاهش چربی در افراد چاق می‌شود [۲۱، ۲۲]. به نظر می‌رسد، ورزش هوازی همانند

منجر به کاهش درون گروهی MMP-9 (به ترتیب گروه تمرین  $P=0/000$ ، گروه مکمل  $P=0/000$  و تمرین-مکمل  $P=0/000$ ) شد. براساس نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی، میانگین سطوح MMP-9 در گروه‌های تمرین ( $P=0/007$ )، مکمل ( $P=0/003$ ) و تمرین-مکمل ( $P=0/000$ ) در مقایسه با گروه کنترل بیشتر است، همچنین تفاوت معنی‌داری در سطوح MMP-9 بین گروه‌های مکمل و تمرین-مکمل ( $P=0/001$ ) و تمرین و تمرین-مکمل ( $P=0/000$ ) مشاهده شد (شکل ۳).



شکل ۳ میزان MMP9 گروه‌ها پیش و پس از هشت هفته (خطای استاندارد  $\pm$  میانگین)؛ \* تفاوت معنی‌دار با پیش آزمون ( $P<0/05$ )، # تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل ( $P<0/05$ )



شکل ۴ میزان TIMP-1 گروه‌ها پیش و پس از هشت هفته (خطای استاندارد  $\pm$  میانگین)؛ \* تفاوت معنی‌دار با پیش آزمون ( $P<0/05$ )، # تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل ( $P<0/05$ )؛ ¥ تفاوت معنی‌دار با گروه تمرین-مکمل و تفاوت معنی‌دار با گروه تمرین-مکمل

در ضمن ۸ هفته مصرف کرفس همراه با تمرینات پیلاتس منجر به افزایش TIMP-1 (به ترتیب گروه تمرین  $P=0/000$ ، گروه مکمل  $P=0/021$  و تمرین-مکمل  $P=0/000$ ) در زنان دارای اضافه وزن شد. براساس نتایج آزمون آنالیز واریانس

داد هشت هفته تمرین دوچرخه سواری با شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی تأثیری بر TIMP-1 مردان ندارد [۳۳]. با توجه به روش‌های به کار گرفته شده در این مطالعات مانند نوع تمرین، آزمودنی‌ها و همچنین روش نمونه‌گیری [بیوپسی (Biopsy) عضلانی] با پژوهش حاضر اختلاف چشم‌گیری دارد. بر همین اساس تفاوت در نتایج نیز قابل تصور است. از سویی دیگر؛ مطالعات نشان داد علاوه بر ورزش استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان یک شیوه درمان غیردارویی، برای کاهش وزن و بیماری‌های کلیوی و قلبی - عروقی می‌تواند مفید باشد [۳۴]. کرفس دارای فلاونوئید، ترکیبات فنالییدی، اسیدهای چرب و مواد فنولی است که در پیشگیری از سرطان و محافظت از کبد اثر دارد. همچنین به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، خاصیت مهار رادیکال‌های آزاد و آثار آنتی‌اکسیدانی آن با آلفا توکوفرول (Alpha-Tocopherol) قابل مقایسه است [۳۳]. در تأیید این یافته‌ها، در پژوهش حاضر مصرف مکمل کرفس منجر به کاهش معنی‌دار MMP-2 به میزان ۲۷ درصد و MMP-9 به میزان ۲۲ درصد و افزایش معنی‌دار TIMP-1 به میزان ۱۶ درصد در زنان دارای اضافه وزن شد. تأثیر مثبت مکمل کرفس بر گلوکز و چربی‌های کاهش خون توسط روغنی و همکاران (۱۳۸۶) و رفیعیان و همکاران (۱۳۸۵) گزارش شده است [۳۵، ۱۷]. مکانیسم عمل کرفس به‌خوبی مشخص نشده است، ولیکن احتمال دارد ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه کرفس موجب کاهش غلظت رادیکال‌های آزاد و مهار فعالیت آن‌ها شود [۱۷]. بررسی فیتوشیمی دانه کرفس، وجود فلاونوئیدها به‌ویژه آپی‌ژنین (Apigenin) را اثبات کرده است. آپی‌ژنین دارای آثار ضد التهابی و ضداکسایشی است، که این آثار مهاری، از طریق مسیر سیگنالینگ فعالیت عامل هسته‌ای B (Nuclear Factor Kappa B) و فسفوریلاسیون MAP کیناز اتفاق می‌افتد. همچنین ترکیبات ۳، ۴ و ۷ تری هیدروکسی فلاونول و فتالید موجود در دانه کرفس، به دلیل شکل فضایی ویژه، سرعت جذب چربی‌ها را در روده بالا می‌برد و موجب

پیلاتس بهترین روش کاهش وزن چربی و وزن بدن است [۲۳، ۲۴] و موجب سازگاری‌های بهینه در فعالیت این آنزیم‌ها می‌شود. چرا که کاهش سرمی MMPها (به‌ویژه MMP-2 و MMP-9) از یک سو و افزایش عامل مهارکننده این آنزیم‌ها نشان دهنده بهبود وضعیت التهابی است [۲۵، ۲۶]. همچنین نقش تمرینات هوازی منظم در کاهش آدیپوسیت‌ها و عوامل التهابی ناشی از آن همانند عامل نکروز عامل دهنده تومور آلفا (Tumor Necrosis Factor-Alfa: TNF- $\alpha$ )، ایتروکین ۶- (Interleukin-6: IL-6)، رزیستین (Resistin) و PAI-1 ثابت شده است [۲۷].

در همین راستا، اولین یافته پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین پیلاتس موجب کاهش معنی‌دار MMP-2 به میزان ۳۴ درصد و MMP-9 به میزان ۲۰ درصد و افزایش معنی‌دار TIMP-1 به میزان ۲۶ درصد شده است. هم سو با پژوهش حاضر، بریجت (Bridget) و همکاران (۲۰۰۸) و جفرسون (Jefferson) و همکاران (۲۰۰۶) هم کاهش در MMP-2 سرمی را مشاهده نمودند [۲۹]. همچنین نتایج یک مطالعه در سال ۲۰۱۳ نشان داد شش هفته تمرین مقاومتی منجر به کاهش سطوح سرمی MMP-9 در مردان آمریکایی ۱۸ تا ۳۵ ساله می‌شود [۱۲]. تأثیر پذیری MMP-2 و MMP-9 به تمرینات ورزشی محتمل است. هر چند مطالعات محدودی عدم تغییر در این متغیرها را نشان داده است؛ از جمله مکی (Mackey) و همکاران (۲۰۰۶) که گزارش دادند، ده کیلومتر دویدن در جاده و توی آب تأثیری بر MMP-2 و MMP-9 مردان جوان نداشت [۳۰].

کادوگلو (Kadoglou) و همکاران (۲۰۱۳) در یک مطالعه حیوانی، افزایش معنی‌دار TIMP-1 متعاقب شش هفته دویدن روی نوارگردان، پنج جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه گزارش را کردند [۳۱]. همچنین پژوهش‌های دیگری مانند کوشینن (Koskinen) و همکاران نیز با روش‌های متفاوت در مدل‌های انسانی نیز به همین نتیجه رسید [۳۲]. از طرف دیگر؛ نتایج مطالعه هوئیر (Hoier) و همکاران (۲۰۱۲) نشان



## تغییرات ماتریکس متالوپروتئیناز ۲ و ۹ و تجویز کرفس

هوازی و مصرف مکمل خرفه در افراد دیابتی مشاهده شد. به نظر می‌رسد تغییر سطوح پلاسمایی سائتوکین‌ها (به‌ویژه IL-13) و عامل جذب مونوسیت-۱ (Monocyte Attach Factor: MCP-1) هنگام فعالیت‌های ورزشی، موجب کاهش MMP-2 و MMP-9 شود [۳۶].

به طور کلی طبق یافته‌های تحقیق می‌توان اظهار داشت انجام تمرینات پیلاتس و مصرف مکمل کرفس منجر به کاهش وزن و سازگاری‌های مطلوبی در آنزیم‌های MMPها و همچنین مهارکننده بافتی این آنزیم‌ها در زنان دارای اضافه وزن می‌شود. ولیکن ترکیب تمرین پیلاتس با مصرف مکمل کرفس با آثار مطلوب‌تری همراه بود. از همین رو، انجام تمرینات پیلاتس با توجه به مزایای مختلف و همچنین مصرف مکمل خوراکی کرفس به تنهایی یا به‌ویژه ترکیب با یکدیگر، ممکن است منجر به سازگاری‌های ضد سرطانی در زنان چاق شود. البته دخالت برخی متغیرهای کنترل نشده مانند نوع تغذیه و رژیم غذایی آزمودنی‌ها در طول مدت پژوهش و همچنین عوامل ناشناخته مداخله‌گر دیگر بر نتایج تحقیق غیر محتمل نیست. در این ارتباط، برخی از پژوهشگران متذکر شدند که ممکن است عوامل ناشناخته در این میان تأثیر گذار باشد [۳۷]. به همین علت؛ در جهت درک روشن‌تر و تکرار پذیر بودن نتایج مطالعات، ضرورت دارد مطالعات گسترده‌تری در آینده صورت گیرد.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه عزیزانی که در تمام مراحل اجرای تحقیق همکاری داشتند تشکر و قدردانی می‌شود.

کاهش نیمرخ لیپیدی خون می‌شود [۱۱]. نتایج یک مطالعه نشان داد عصاره آبی کرفس دارای اثر هیپوگلیسمیک (Hypoglycemic) است و همچنین باعث تغییرات مطلوب و سودمند در سطح لیپیدهای خون می‌شود [۳۵]. همچنین بخشی از آثار مشاهده شده از مصرف این گیاه در بررسی حاضر را می‌توان به درصد بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در دانه کرفس [۱۰] همانند فالکارینول (Falcarinol) نسبت داد. همچنین کرفس حاوی ماده‌ای بنام کومارین (Coumarins) است که از تخریب سلول‌ها به‌وسیله رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند، علاوه بر این کومارین فعالیت گلبول‌های سفید را افزایش می‌دهد.

آخرین یافته مطالعه حاضر نشان داد هشت هفته تمرین پیلاتس به همراه مصرف مکمل کرفس موجب افزایش معنی‌دار TIMP-1 به میزان ۳۷ درصد و کاهش معنی‌دار MMP-2 به میزان ۷۸ درصد و MMP-9 به میزان ۵۳ درصد شده است. بدین ترتیب که تمرین پیلاتس به همراه مکمل کرفس در مقایسه با تمرین پیلاتس یا مصرف مکمل کرفس به تنهایی، اثر بیشتری داشته است. به عبارت دیگر؛ تمرین پیلاتس و مکمل کرفس با همدیگر اثر هم‌افزایی بر TIMP-1، MMP-2 و MMP-9 در زنان دارای اضافه وزن داشته است. هر چند در این حوزه، مرور مطالعات پیشین در دسترس نبودن مطالعات کاملاً مرتبط را نشان می‌دهد، ولی می‌توان اذعان نمود که با توجه به آثار جداگانه تمرین ورزشی و مکمل گیاهی دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی کسب چنین نتیجه‌ای خیلی دور از ذهن نیست. در همین راستا نتایج یک مطالعه کاهش در MMP-2 و MMP-9 و افزایش در TIMP-1 متعاقب هشت هفته تمرین

## منابع

[1] Borden P, Heller RA. Transcriptional control of matrix metalloproteinases and the tissue inhibitors of matrix metalloproteinases. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr* 1997; 7(1-2): 159-78.

[2] Furfaro AL, Sanguineti R, Storace D, Monacelli F, Puzzo A, Pronzato MA, Odetti P, Traverso N. Metalloproteinases and advanced glycation end products: coupled navigation in

- atherosclerotic plaque pathophysiology? *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 2012; 120(10): 586-90.
- [3] Donley DA, Fournier SB, Reger BL, DeVallance E, Bonner DE, Olfert IM, Frisbee JC, Chantler PD. Aerobic exercise training reduces arterial stiffness in metabolic syndrome. *J Appl Physiol* (1985) 2014; 116(11): 1396-404.
- [4] Cook MD, Heffernan KS, Ranadive S, Woods JA, Fernhall B. Effect of resistance training on biomarkers of vascular function and oxidative stress in young African-American and Caucasian men. *J Hum Hypertens* 2013; 27(6): 388-92.
- [5] Dastani M, Rashidlamir A, Alizadeh A, Seyed Alhoseini M, Ebrahimi Atri A. Effects of 8 weeks of aerobic exercise on matrix metalloproteinase-9 and tissue inhibitor levels in type II diabetic women. *ZJRMS* 2014; 16(6): 12-5.
- [6] Leite RD, Durigan Rde C, de Souza Lino AD, de Souza Campos MV, Souza Md, Selistre-de-Araújo HS, Bouskela E, Kraemer-Aguiar LG. Resistance training may concomitantly benefit body composition, blood pressure and muscle MMP-2 activity on the left ventricle of high-fat fed diet rats. *Metabolism* 2013; 62(10): 1477-84.
- [7] Li P, Jia J, Zhang D, Xie J, Xu X, Wei D. *In vitro* and *In vivo* antioxidant activities of a flavonoid isolated from celery (*Apium graveolens* L. var. dulce). *Food Funct* 2014; 5(1): 50-6.
- [8] Sowbhagya HB. Chemistry, technology, and nutraceutical functions of celery (*Apium graveolens* L.): an overview. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2014; 54(3): 389-98.
- [9] Iyer D, Patil UK. Effect of chloroform and aqueous basic fraction of ethanolic extract from *Apium graveolens* L. in experimentally-induced hyperlipidemia in rats. *J Complement Integr Med* 2011: 8.
- [10] Nasri S, Shahi SadrAbadi F, Kamalinejad M, Rabbani T. Investigation of the possible mechanism of antinociceptive effect of *Apium graveolens* hydroalcoholic fruits extract. *Arak Medical University Journal (AMUJ)* 2012; 15(5): 66-75. (Persian)
- [11] Sultana S, Ahmed S, Jahangir T, Sharma S. Inhibitory effect of celery seeds extract on chemically induced hepatocarcinogenesis: modulation of cell proliferation, metabolism and altered hepatic foci development. *Cancer Lett* 2005; 221(1): 11-20.
- [12] Wang L, Wang B, Li H, Lu H, Qiu F, Xiong L, Xu Y, Wang G, Liu X, Wu H, Jing H. Quercetin, a flavonoid with anti-inflammatory activity, suppresses the development of abdominal aortic aneurysms in mice. *Eur J Pharmacol* 2012; 690(1-3): 133-41.
- [13] Lee H, Park D, Yoon M. Korean red ginseng (*Panax ginseng*) prevents obesity by inhibiting angiogenesis in high fat diet-induced obese C57BL/6J mice. *Food Chem Toxicol* 2013; 53: 402-8.
- [14] Rutjes AW, Di Nisio M. 24 weeks of Pilates-aerobic and educative training to improve body fat mass in elderly Serbian women. *Clin Interv Aging* 2014; 9: 741.
- [15] Hamilton KC, Fisher G, Roy JL, Gower BA,

- Hunter GR. The effects of weight loss on relative bone mineral density in premenopausal women. *Obesity (Silver Spring)* 2013; 21(3): 441-8.
- [16] Afzalpour M, Bani Asadi S, Ilbeigi S. The comparison of influence of pilates and aerobic exercises on respiratory parameters in overweight girl students. *Sport Physiology (Research on Sport Science)* 2012; 4(15): 151-62. (Persian)
- [17] Asadi M, Farzanegi P. Interactive effects of eight weeks massage therapy along with *Apium graveolens* seed consumption on serum levels of IGF-1 and P53 in overweight women. *Hakim Jorjani J* 2014; 2(1): 26-18. (Persian)
- [18] Sarvottam K, Magan D, Yadav RK, Mehta N, Mahapatra SC. Adiponectin, interleukin-6, and cardiovascular disease risk factors are modified by a short-term yoga-based lifestyle intervention in overweight and obese men. *J Altern Complement Med* 2013; 19(5): 397-402.
- [19] Bakker W, Eringa EC, Sipkema P, van Hinsbergh VW. Endothelial dysfunction and diabetes: roles of hyperglycemia, impaired insulin signaling and obesity. *Cell Tissue Res* 2009; 335(1): 165-89.
- [20] Goldberg RB. Cytokine and cytokine-like inflammation markers, endothelial dysfunction, and imbalanced coagulation in development of diabetes and its complications. *J Clin Endocrinol Metab* 2009; 94(9): 3171-82.
- [21] Bouloumie A, Lolmede K, Sengenès C, Galitzky J, Lafontan M. Angiogenesis in adipose tissue. *Ann Endocrinol (Paris)* 2002; 63(2): 91-5.
- [22] Crandall DL, Busler DE, McHendry-Rinde B, Groeling TM, Kral JG. Autocrine regulation of human preadipocyte migration by plasminogen activator inhibitor-1. *J Clin Endocrinol Metab* 2000; 85(7): 2609-14.
- [23] Cakmakçi O. The effect of 8 week pilates exercise on body composition in obese women. *Coll Antropol* 2011; 35(4): 1045-50.
- [24] Marinda F, Magda G, Ina S, Brandon S, Abel T, Ter Goon D. Effects of a mat pilates program on cardiometabolic parameters in elderly women. *Pak J Med Sci* 2013; 29(2): 500-4.
- [25] Kubo Y, Kaidzu S, Nakajima I, Takenouchi K, Nakamura F. Organization of extracellular matrix components during differentiation of adipocytes in long-term culture. *In Vitro Cell Dev Biol Anim* 2000; 36(1): 38-44.
- [26] Bouloumie A, Sengenès C, Portolan G, Galitzky J, Lafontan M. Adipocyte produces matrix metalloproteinases 2 and 9: involvement in adipose differentiation. *Diabetes* 2001; 50(9): 2080-6.
- [27] Lijnen HR, Demeulemeester D, Van Hoef B, Collen D, Maquoi E. Deficiency of tissue inhibitor of matrix metalloproteinase-1 (TIMP-1) impairs nutritionally induced obesity in mice. *Thromb Haemost* 2003; 89(2): 249-55.
- [28] Sullivan BE, Carroll CC, Jemiolo B, Trappe SW, Magnusson SP, Døssing S, Kjaer M, Trappe TA. Effect of acute resistance exercise and sex on human patellar tendon structural and regulatory mRNA expression. *J Appl Physiol (1985)* 2009; 106(2): 468-75.
- [29] Frisbee JC, Samora JB, Peterson J, Bryner R. Exercise training blunts microvascular rarefaction in the metabolic syndrome. *Am J*

- Physiol Heart Circ Physiol 2006; 291(5): H2483-92.
- [30] Mackey AL, Donnelly AE, Swanton A, Murray F, Turpeenniemi-Hujanen T. The effects of impact and non-impact exercise on circulating markers of collagen remodelling in humans. *J Sports Sci* 2006; 24(8): 843-8.
- [31] Kadoglou NP, Moustardas P, Kapelouzou A, Katsimpoulas M, Giagini A, Dede E, Kostomitsopoulos N, Karayannacos PE, Kostakis A, Liapis CD. The anti-inflammatory effects of exercise training promote atherosclerotic plaque stabilization in apolipoprotein E knockout mice with diabetic atherosclerosis. *Eur J Histochem* 2013; 57(1): e3.
- [32] Koskinen SO, Heinemeier KM, Olesen JL, Langberg H, Kjaer M. Physical exercise can influence local levels of matrix metalloproteinases and their inhibitors in tendon-related connective tissue. *J Appl Physiol* (1985) 2004; 96(3): 861-4.
- [33] Hoier B, Nordsborg N, Andersen S, Jensen L, Nybo L, Bangsbo J, Hellsten Y. Pro- and anti-angiogenic factors in human skeletal muscle in response to acute exercise and training. *J Physiol* 2012; 590(Pt 3): 595-606.
- [34] Farzanegi P, Akbari A, Azarbayjani MA. Effect of *Portulaca oleracea* seeds on the levels of matrix metalloproteinase 2, 9 and tissue inhibitor matrix metalloproteinase 1 in patients with type 2 diabetes. *Modares Journal of Medical Sciences: Pathobiology* 2013; 16(2): 65-73. (Persian)
- [35] Roghani M, Baluchnejadmojarad T, Amin A, Amirtouri R. The Effect of administration of *Apium graveolens* aqueous extract on the serum levels of glucose and lipids of diabetic rats. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism (IJEM)* 2007; 9(2): 177-81. (Persian)
- [36] Farzanegi P. Impact of the Synchronization of *Portulaca oleracea* and aerobic training on levels of MMP2 and MMP9 and TIMP1 in diabetic women type II. *Res Mol Med* 2014; 2(2): 34-9.
- [37] Tayebjee MH, Lip GY, Blann AD, Macfadyen RJ. Effects of age, gender, ethnicity, diurnal variation and exercise on circulating levels of matrix metalloproteinases (MMP)-2 and -9, and their inhibitors, tissue inhibitors of matrix metalloproteinases (TIMP)-1 and -2. *Thromb Res* 2005; 115(3): 205-10.