Original Article

Comparison of the effect of 8 weeks of strength training, water exercise and omega 3 consumption on oxidative stress, CRP, glycosylated hemoglobin and blood pressure in diabetic men with peripheral neuropathy

Saadatifar AR, Bagherpour T, Nemati N

Department of Sports Physiology, Damghan Branch, Islamic Azad University Damghan, Damghan, I.R. Iran.

Received: 2021/12/24 | Accepted: 2022/05/8

Abstract:

Background: Diabetes leads to complications such as peripheral neuropathy. This research aimed to compare the effect of 8 weeks of resistance training, water training and omega 3 consumption on malondialdehyde (MDA), C Reactive Protein (CRP), glycosylated hemoglobin and blood pressure in diabetic men with peripheral neuropathy.

Materials and Methods: This research is a semi-experimental study and its statistical population consisted of diabetic men with peripheral neuropathy. A total of 80 diabetic patients with neuropathy were divided into four groups: omega-3 supplementation, resistance training, water training and control (For eight weeks, 20 people in each group).

Results: In terms of glycosylated hemoglobin and blood pressure, there was a significant difference between the control group and the resistance training (P=0.001), water training (P=0.001) and omega-3 (P=0.001) groups. There was a significant difference between resistance training group and omega-3 group (P=0.041) in terms of glycosylated hemoglobin and between water training group and omega-3 group (P=0.004) in terms of blood pressure. In terms of MDA and CRP, there was a significant difference between the control group with the resistance training group (P=0.001) and the water training group (P=0.001) and between the resistance training group and the omega-3 group (P=0.001) and Water exercise group with omega-3 group (P=0.001), also.

Conclusion: Resistance exercise and water exercise reduce inflammation and oxidative stress, as well as blood pressure and glycated hemoglobin in people with diabetic neuropathy. But omega-3 alone was effective only on glycosylated blood pressure and hemoglobin.

Keywords: Diabetes, Resistance training, Omega-3, Water exercise, Inflammation, Oxidative stress

Email: bagherpour@damghaniau.ac.ir
Tel: 0098 233 522 5045
Fax: 0098 233 522 5024

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, June, 2022; Vol. 26, No 2, Pages 128-137

Please cite this article as: Saadatifar AR, Bagherpour T, Nemati N. Comparison of the effect of 8 weeks of strength training, water exercise and omega 3 consumption on oxidative stress, CRP, glycosylated hemoglobin and blood pressure in diabetic men with peripheral neuropathy. ***Feyz*** 2022; 26(2): 128-37.

مقایسه اثر ۸ هفته تمرین قدرتی، ورزش در آب و مصرف امگا ۳ بر میزان فشار اکسایشی، CRP، هموگلوبین گلیکوزیله و فشارخون در مردان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی

علیرضا سعادتی‌فر [۱]، طاهره باقرپور [۲*]، نعمت‌الله نعمتی [۲]

خلاصه:

سابقه و هدف: دیابت به عوارضی همچون نوروپاتی محیطی منجر می‌گردد. هدف از این تحقیق، مقایسه اثر ۸ هفته تمرین قدرتی، ورزش در آب و مصرف امگا ۳ بر میزان مالون‌دی‌آلدهید (Malondialdehyde: MDA)، پروتئین واکنشی C (C- Reactive Protein: CRP)، هموگلوبین گلیکوزیله و فشارخون در مردان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی بود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی است و جامعه آماری آن را مردان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی تشکیل می‌داد. تعداد ۸۰ نفر بیمار دیابتی دارای نوروپاتی در چهار گروه مصرف مکمل امگا ۳، تمرین قدرتی، تمرین در آب و کنترل تقسیم شدند (به‌مدت هشت هفته، هر گروه ۲۰ نفر).

نتایج: از نظر هموگلوبین گلیکوزیله و فشارخون، بین گروه کنترل با گروه‌های تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱)، تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) و امگا-۳ (P=۰/۰۰۱) تفاوت معناداری وجود داشت. از نظر هموگلوبین گلیکوزیله بین گروه تمرین قدرتی با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۴۱) و از نظر فشارخون بین گروه تمرین در آب با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۴) تفاوت معناداری وجود داشت. همچنین از نظر مقدار MDA و CRP بین گروه کنترل با گروه تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین در آب (P=۰/۰۰۱)، و بین گروه تمرین مقاومتی با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین در آب با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۱) تفاوت معناداری وجود داشت.

نتیجه‌گیری: ورزش مقاومتی و تمرین در آب باعث کاهش التهاب و فشار اکسایشی و همچنین فشارخون و هموگلوبین گلیکوزیله در افراد با بیماری نوروپاتی دیابتی شد. اما امگا-۳ به‌تنهایی فقط بر فشارخون و هموگلوبین گلیکوزیله مؤثر بود.

واژگان کلیدی: دیابت، تمرین قدرتی، امگا-۳، ورزش در آب، التهاب، فشار اکسایشی

دو ماه‌نامه علمی - پژوهشی فیض، دوره بیست و ششم، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۴۰۱، صفحات ۱۳۷-۱۲۸

مقدمه

نوروپاتی یکی از عوارض شایع میکرواسکولار (درگیری عروق ریز بدن) دیابت است که در طولانی‌مدت موجب آسیب جدّی به اعصاب و اختلال تدریجی سیستم عصبی می‌گردد [۱]. از میان نوروپاتی‌های دیابتی، نوروپاتی محیطی دیابتی (Diabetic Peripheral Neuropathy: DPN) شیوع بیشتری دارد. آسیب عملکرد عصبی به نقص‌های متعدی در سیستم‌های حرکتی و اختلال مسیرهای آوران و وابران در اندام افراد منجر می‌شود. درگیری سلول‌های عصبی آوران حسی کوچک و بزرگ به اختلال تدریجی عملکرد عصب از ناحیه دیستال به پروگزیمال منجر می‌شود [۲]. درد نوروپاتیک عمدتاً اندام تحتانی را درگیر می‌کند و اغلب در حالت استراحت وجود دارد و در شب بدتر می‌شود [۳].

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

۲. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

*نشانی نویسنده مسؤول:

دامغان، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه فیزیولوژی ورزشی

تلفن: ۰۲۳۳۵۲۲۵۰۴۵ دورنویس: ۰۲۳۳۵۲۲۵۰۲۴

پست الکترونیک: bagherpour@damghaniau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۲/۱۸

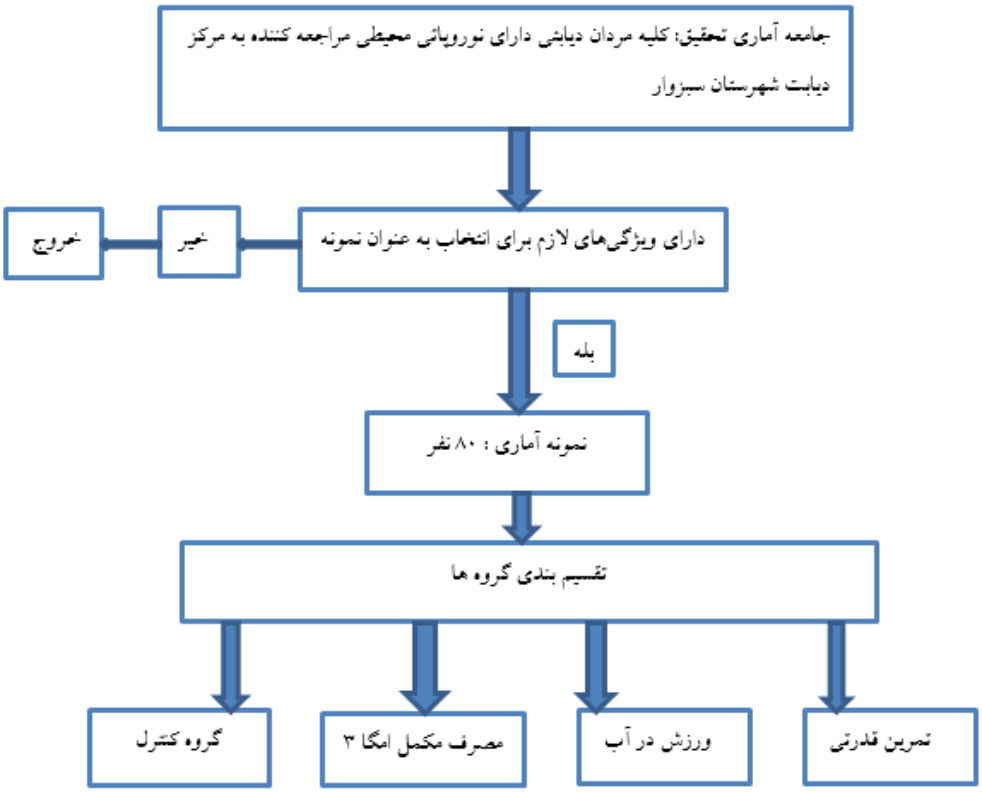
بروز عوارض مزمن بیماری دیابت با مقادیر بالای گلوکز خون ارتباط مستقیم دارد. عوارض غیرقابل‌بازگشت دیابت، ناشی‌از محصولات نهایی گلیکاسیون (Advanced glycation end-products: AGE) است که با ایجاد تغییر در ترکیب کلسترول، آلبومین، کلاژن و هموگلوبین، زمینه بروز برخی عوارض، نظیر نفروپاتی، نوروپاتی و رتینوپاتی را فراهم می‌کند [۴]. هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) یک شاخص مهمّ کنترل درازمدت قند خون در طی ۲ تا ۳ ماه اخیر از زندگی فرد و یک عامل خطر مستقل برای بیماری عروق کرونر قلب و سکته مغزی در افراد دیابتی یا غیردیابتی محسوب می‌شود [۴]. شایع‌ترین علت مرگ‌ومیر در بیماران دیابتی عوارض قلبی - عروقی است که با افزایش فشارخون افزایش می‌یابد. بر این اساس، اثر کنترل فشارخون بر عوارض کلیوی نیز قابل‌توجه است. طبق بررسی‌های انجام‌شده در بیماران دیابتی بدون پروتئینوری آشکار و مبتلا به فشارخون بالا، کنترل مطلوب فشارخون سبب تثبیت عملکرد کلیه برای مدت بیش از پنج سال شده است [۴]. تحقیقات فراوانی درمورد ارتباط بین دیابت نوع دو و التهاب صورت گرفته و مشاهده شده است که بیومارکرهای التهابی در اثر دیابت افزایش می‌یابند. از بین این بیومارکرها می‌توان به CRP اشاره کرد [۵]. در همین راستا، Sousa و همکاران افزایش CRP را در

افراد دیابتی گزارش کردند [۶]. Pop و همکاران نیز نتایج مشابهی را درمورد افزایش CRP در افراد دیابتی گزارش کردند [۷]. نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که CRP در افزایش فشار اکسایشی و رادیکال آزاد به‌خصوص در افراد دیابتی مؤثر است [۸]. فشار اکسایشی می‌تواند در روند سرعت‌بخشیدن به بروز عوارض بالینی در مبتلایان به دیابت نوع دو نقش داشته باشد. یکی از عواملی که دیابت ازطریق آن باعث تسهیل روند تشکیل آترواسکلروز می‌شود، افزایش فشار اکسایشی است [۹]. به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی و مکمل‌های غذایی راه‌حلّ مناسبی برای کنترل التهاب و دیگر موارد مربوط به دیابت نوروپاتی باشد. ورزش منظم می‌تواند میزان هموگلوبین گلیکوزیله را کاهش دهد. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که تمرین مقاومتی با شدت و مدت‌زمان کافی می‌تواند به‌تنهایی سبب کاهش گلوکز و هموگلوبین گلیکوزیله شود [۷]. ورزش مقاومتی، حساسیت بدن را نسبت‌به انسولین افزایش داده، باعث تنظیم قند خون و کنترل بیماری دیابت می‌گردد و در تنظیم فشارخون نیز مؤثر است [۱۰]. درمورد عوامل التهابی نیز نتایج تحقیق نادی و همکاران نشان داد که تمرین مقاومتی در افراد مبتلا به دیابت نوروپاتی مقدار CRP را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر باتوجه به وجود درد و دیگر علائم در بیماران نوروپاتی محیطی، به‌نظر می‌رسد تمرینات در آب در کنترل عوارض این بیماری مؤثر باشد [۱۱]. Zivi و همکاران بهبود علائم حرکتی در قند خون را در اثر تمرین در آب در افراد مبتلا به دیابت نوروپاتی گزارش کردند [۱۲]. Asa و همکاران نیز نتایج مشابهی گزارش کردند [۱۳]. اما درمورد اثر تمرین در آب بر فشار اکسایشی یا التهاب در بیماران نوروپاتی نتایج روشنی گزارش نشده است. از سوی دیگر توجه به اثرات ضدالتهابی امگا-۳ نیز مهم است. در همین راستا نتایج برخی مطالعات نشان داده است که مصرف طولانی‌مدت امگا-۳ می‌تواند از آسیب نورون‌ها در افراد دیابتی محافظت کند. Lewis و همکاران [۱۴] و Yurek و همکاران [۱۵] و دیگر مطالعات نیز به نقش ترکیبات حاوی امگا-۳ بر کاهش التهاب و فشار اکسایشی در بیماران نوروپاتی اشاره کرده‌اند [۱۶]. با این‌حال ارائه بهترین راهکار برای کنترل التهاب و فشار اکسایشی و همچنین فشارخون از اهمیت فراوانی برخوردار است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، مقایسه اثر ۸ هفته تمرین قدرتی، ورزش در آب و مصرف امگا ۳ بر میزان فشار اکسایشی، CRP، هموگلوبین گلیکوزیله و فشارخون در مردان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی بود.

مواد و روش‌ها

این مقاله با کد اخلاق IR.IAU.SHAHROOD.RES.1400.058 در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شاهرود تأیید شده است. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی بود و از نظر شیوه گردآوری اطلاعات به‌صورت میدانی و آزمایشگاهی انجام شد. روش تحقیق نیز به‌صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. در این پژوهش تغییرات حاصل از اجرای تمرینات قدرتی، ورزش در آب و مصرف مکمل امگا ۳ در چهار گروه بر مقدار هموگلوبین، فشارخون، MDA و CRP مورد بررسی قرار گرفت. جامعه آماری تحقیق شامل کلیه مردان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی مراجعه‌کننده به مرکز دیابت شهرستان سبزوار بود. حجم نمونه شامل ۸۰ نفر بیمار دارای نوروپاتی محیطی بود که به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی در چهار گروه مصرف مکمل امگا ۳ (۲۰ نفر)، تمرین قدرتی (۲۰ نفر)، تمرین در آب (۲۰ نفر) و کنترل (۲۰ نفر) تقسیم شدند. ویژگی‌هایی که این ۸۰ نفر (پس از تکمیل فرم رضایت شرکت آگاهانه در تحقیق) طبق آن انتخاب شدند، شامل موارد ذیل بود: ۱) مردان مبتلا به دیابت نوع ۲ با دامنه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال، ۲) ابتلای فرد به بیماری دیابت نوع ۲ دارای نوروپاتی محیطی (اسکور ۷ تا ۳۰ به‌دست‌آمده از پرسشنامه میشیگان توسط پزشک متخصص)، ۳) داشتن قند خون ناشتای بالاتر از ۱۲۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، ۴) داشتن هموگلوبین A1c بالاتر و مساوی ۶/۵ درصد، ۵) داشتن شاخص توده بدنی ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، ۶) نداشتن بیماری‌های مزمن و سرطان و عوارض دیگری که در زمان تحقیق، مانع از انجام روند تحقیق شود، ۷) عدم سابقه فعالیت ورزشی به شکل منظم، ۸) عدم مصرف سیگار و ۹) عدم استفاده از رژیم یا شیوه درمانی خاص. روش گزینش نمونه‌ها به‌صورت نمونه‌گیری دردسترس و از افراد دیابتی نوروپاتی و علاقمند به شرکت در تحقیق بود که براساس میزان هموگلوبین A1c در چهار گروه تمرینی به‌صورت همگن قرار گرفتند و سپس به‌صورت تصادفی به یکی از گروه‌ها نام‌گذاری شدند. همچنین در گروه‌های تمرینی، تمرینات قدرتی ۳ جلسه در هفته به‌مدت ۸ هفته و تمرین در آب ۳ جلسه در هفته به‌مدت ۸ هفته انجام شد. تمرینات قدرتی به‌مدت ۱۵-۱۰ دقیقه، به‌صورت اعمال مقاومت در عضلات و مفاصل اندام تحتانی انجام گرفت و شامل تمرینات ابداکتور ران، تقویت عضلات مچ پا، تقویت عضلات اکستانسور زانو بود. تمرینات در آب نیز شامل تمرینات پاها در استخر در حدود ۱۵-۱۰ دقیقه بود و هر تمرین سه مرتبه انجام گرفت. گروه مصرف‌کننده مکمل نیز، امگا-۳ (روزانه ۲۰۰۰ میلی‌گرم مکمل اسیدهای چرب امگا-۳، شرکت کارن، ایران)

به‌صورت دو کپسول حاوی Eicosapentaenoic acid و Docosahexaenoic acid مصرف کردند. گروه کنترل، زندگی عادی خود را ادامه دادند. به تمامی افراد توصیه شد که در طول تحقیق، غذاهای حاوی امگا-۳ و یا ماهی و همچنین مکمل‌های حاوی آنتی‌اکسیدان مصرف نکنند.



نمودار شماره ۱- مدل تحقیق

در این تحقیق، قد بیماران برحسب سانتی‌متر با متر نواری و وزن برحسب کیلوگرم با ترازوی دیجیتال (دستگاه اندازه‌گیری و وزن سکا) اندازه‌گیری شد و سپس شاخص توده بدنی (نسبت وزن به مجذور قد) محاسبه گردید. برای بررسی هموگلوبین خون از آزمایش خون بیماران و برای بررسی و اندازه‌گیری قند خون از گلوکومتر (برحسب mg/dl) و برای بررسی فشارخون از دستگاه فشارسنج (Omron) (برحسب mmHg) استفاده شد. در این مطالعه از پرسشنامه معتبر ارزیابی نوروپاتی میشیگان نیز به‌منظور تعیین و تشخیص وجود نوروپاتی محیطی در بیماران دیابتی استفاده گردید. همچنین مقدار CRP پلاسما با استفاده از کیت الایزا ساخت کشور آمریکا و دستگاه الایزا مدل TECAN و مقدار MDA ازطریق کیت Zellbio ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. برای بررسی طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و برای تعیین تفاوت‌های میان گروه‌ها از آزمون آنکوا و برای تعیین اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. فرضیه‌های تحقیق در سطح معناداری ۰/۰۵ آزموده شد. گفتنی است برای انجام محاسبات و پردازش اطلاعات از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج

برخی از شاخص‌های جسمانی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) مورد سنجش قرار گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱- میانگین و انحراف‌معیار شاخص‌های جسمانی و ترکیب بدنی گروه‌های تحقیق

گروه‌ها / شاخص‌ها	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن بدن (kg)	شاخص توده بدن (kg/m^2)
	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$
گروه کنترل	۳۳/۹۰ ± ۴/۷۹	۱۷۴/۶۰ ± ۱/۲۶	۷۶/۹۷ ± ۱/۲۹	۲۵/۲ ± ۱/۱۶
گروه تمرین قدرتی	۳۲/۸۰ ± ۵/۴۴	۱۷۵/۶۰ ± ۱/۰۵	۷۶/۶۰ ± ۱/۲۰	۲۴/۸ ± ۰/۶
گروه تمرین در آب	۳۳/۲۰ ± ۴/۶۸	۱۷۴/۱۴ ± ۰/۹۶	۷۶/۷۷ ± ۱/۳۳	۲۵/۳ ± ۰/۵۲
گروه تمرینات ورزشی همراه مصرف مکمل امگا ۳	۳۵/۴۵ ± ۴/۵۵	۱۷۸/۱۶ ± ۰/۷۵۲	۷۵/۴۲ ± ۱/۴۵	۲۳/۸ ± ۱/۴۳

در جدول شماره ۱، مشخصات شاخص‌های جسمانی و ترکیب بدنی آزمودنی‌های هر گروه در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) به صورت میانگین و انحراف‌معیار نشان داده شده است.

جدول شماره ۲- مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای تحقیق در مردان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی

مراحل تحقیق		گروه	$\overline{X} \pm SD$
هموگلوبین گلیکوزیله (درصد)	پیش‌آزمون	کنترل	۱۲/۹۵۹ ±۱/۸۶
		تمرینات قدرتی	۱۲/۸۸۲ ±۰/۸۲۳
		تمرینات در آب	۱۲/۷۷۶ ±۰/۸۵۱
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۱۳/۴۹۳±۰/۷۲۷
	پس‌آزمون	کنترل	۱۲/۹۳۴±۰/۷۸۳
		تمرینات قدرتی	۱۰/۵۸۵ ± ۱/۰۸۳
		تمرینات در آب	۱۰/۸۹۱±۰/۶۹۰
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۱۴/۱۹۵ ± ۱/۱۴۲
فشارخون متوسط سرخرگی (میلی‌متر جیوه)	پیش‌آزمون	کنترل	۲۱/۵۰۰±۱/۰۸۰
		تمرینات قدرتی	۲۱/۶۰۰±۱/۵۷۷
		تمرینات در آب	۲۱/۷۰۰±۱/۴۱۸
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۲۲/۵۶۰ ± ۱/۴۵۲
	پس‌آزمون	کنترل	۲۴/۱۰۰±۱/۱۹۷
		تمرینات قدرتی	۲۷/۸۰۰±۱/۲۲۹
		تمرینات در آب	۲۹/۰۰±۱/۴۹۰
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۲۸/۲۵۰±۱/۳۲۵
MDA (نانومول / میلی‌لیتر)	پیش‌آزمون	کنترل	۵/۰۹±۰/۰۸
		تمرینات قدرتی	۵/۱۷±۰/۰۲
		تمرینات در آب	۵/۱۲±۰/۰۲
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۵/۱۵±۰/۰۱
	پس‌آزمون	کنترل	۵/۳۹±۰/۲۷
		تمرینات قدرتی	۳/۹±۰/۱
		تمرینات در آب	۳/۹±۰/۱۱
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۵/۲۸±۰/۱۸
CRP (نانومول / میلی‌لیتر)	پیش‌آزمون	کنترل	۱/۵۶±۰/۱۱
		تمرینات قدرتی	۱/۵۶±۰/۱۵
		تمرینات در آب	۱/۷±۰/۱۵
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۱/۶۳±۰/۱۵
	پس‌آزمون	کنترل	۱/۸±۰/۱
		تمرینات قدرتی	۰/۹۶±۰/۲
		تمرینات در آب	۱/۰۳±۰/۱۵
		گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۱/۸±۰/۱

جدول شماره ۳- نتایج آزمون تی زوجی

متغیر	گروه	تفاوت میانگین	انحراف استاندارد	درجه آزادی	t	مقدار P
هموگلوبین گلیکوزیله (٪)	کنترل	۰/۲۳	۰/۳۴	۲	۱/۴۲	۰/۹۹
	تمرینات قدرتی	۲/۲۳	۰/۳	۲	۸/۲۲	۰/۰۰۱
	تمرینات در آب	۲/۴	۰/۲	۲	۸/۴	۰/۰۰۱
	گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۱/۳	۰/۳۲	۲	۹/۴۳	۰/۰۹
فشارخون متوسط سرخرگی (میلی‌متر جیوه)	کنترل	۳/۱	۰/۲	۲	۱/۲۳	۰/۹
	تمرینات قدرتی	۶/۳	۰/۳	۲	۵/۳	۰/۰۰۱
	تمرینات در آب	۸/۵	۰/۴۲	۲	۹/۴۵	۰/۰۰۱
	گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۶/۲	۰/۱۱	۲	۵/۱	۰/۰۰۱
MDA (نانومول / میلی‌لیتر)	کنترل	۰/۲۹	۰/۳۵	۲	۱/۴۵	۰/۲۸
	تمرینات قدرتی	۱/۲۷	۰/۰۸	۲	۲۵/۲۴	۰/۰۰۲
	تمرینات در آب	۱/۱۹	۰/۱۲	۲	-۱۷/۰۸	۰/۰۰۳
	گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۰/۱۳۶	۰/۱۹	۲	۱/۲۲	۰/۳۴
CRP (نانومول / میلی لیتر)	کنترل	۰/۲۳	۰/۰۵	۲	۷	۰/۰۹
	تمرینات قدرتی	۰/۶	۰/۳۶	۲	-۲/۸۸	۰/۰۰۱
	تمرینات در آب	۰/۶۶	۰/۱۱	۲	-۱۰	۰/۰۰۱
	گروه مصرفی مکمل امگا ۳	۰/۱۶	۰/۱۱	۲	۲/۵	۰/۱۹

جدول شماره ۴- آزمون آنکوا

	مجموع سوم مربعات	درجه آزادی	میانگین متوسط	آماره F	P
هموگلوبین گلیکوزیله (٪)	۲۴/۳۴	۳	۱۱/۱۲۱	۶/۸۶۵	۰/۰۰۱
فشارخون (میلی‌متر جیوه)	۸۹/۴۳	۳	۴۴/۰۳۳	۱۳/۳۴۱	۰/۰۰۱
MDA (نانومول / میلی‌لیتر)	۴/۶۵	۳	۲/۰۲	۶۰/۶	۰/۰۰۱
CRP (نانومول / میلی‌لیتر)	۱/۴	۳	۰/۶۴	۲۹/۴۳	۰/۰۰۱

در جدول شماره ۱ متغیرهای فیزیولوژیک و عمومی نشان داده شده است. همچنین در جدول مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای تحقیق در گروه‌های مختلف نشان داده شده است. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که مقدار هموگلوبین گلیکوزیله خون متوسط در گروه تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱) و تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) کاهش معناداری داشت. مقدار فشارخون در گروه تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱)، تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) و گروه مصرف امگا ۳ (P=۰/۰۰۱) کاهش معناداری داشت. همچنین آزمون تی زوجی نشان داد که مقدار MDA در گروه تمرین در آب (P=۰/۰۰۲) و تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۳) کاهش معناداری داشته است. مقدار CRP نیز در گروه تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) و تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱) کاهش معناداری یافت (جدول شماره ۳). نتایج آزمون آنکوا نشان داد که در بین گروه‌ها ازنظر هموگلوبین گلیکوزیله تفاوت معناداری وجود دارد (P=۰/۰۰۱). بر این اساس آزمون تعقیبی نیز نشان داد که بین گروه کنترل با گروه‌های تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱) و تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) و گروه امگا ۳ (P=۰/۰۰۱) تفاوت معناداری وجود دارد. بین گروه تمرین قدرتی با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۴۱) نیز تفاوت معناداری مشاهده شد. در بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت (جدول‌های شماره‌های ۴ و ۵). درمورد فشارخون نیز نتایج آزمون آنکوا نشان داد که در بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که بین گروه کنترل با گروه تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) و نیز گروه امگا-۳ (P=/۰۰۶) تفاوت معناداری وجود دارد. بین گروه تمرین در آب با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۴) نیز تفاوت معناداری مشاهده شد. همچنین از نظر مقدار MDA نیز بین گروه‌ها تفاوت معناداری

وجود داشت (P=۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که بین گروه کنترل با گروه تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) و همچنین بین گروه تمرین مقاومتی با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین در آب با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۱) تفاوت معناداری وجود دارد (جدول‌های شماره‌های ۴ و ۵). از نظر مقدار CRP نیز نتایج آزمون آنکوا نشان داد که در بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که بین گروه کنترل با گروه تمرین قدرتی (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین در آب (P=۰/۰۰۱) و همچنین بین گروه تمرین مقاومتی با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین در آب با گروه امگا-۳ (P=۰/۰۰۱) تفاوت معناداری وجود دارد. (جدول‌های شماره‌های ۴ و ۵)

جدول شماره ۵- نتایج آزمون تعقیبی توکی

گروه			تفاوت میانگین	انحراف معیار	P
	گروه (I)	گروه (J)			
هموگلوبین گلیکوزیله (درصد)	گروه کنترل	تمرینات قدرتی	۲/۳۴	۰/۶۵	۰/۰۰۱
		تمرینات در آب	۲/۰۴	۰/۷	۰/۰۰۱
		مکمل امگا-۳	۱/۱۴	۰/۶۴	۰/۰۰۱
	تمرینات قدرتی	تمرینات در آب	۰/۳۰۶	۰/۶۲	۰/۵۹۲
		مکمل امگا-۳	۱/۲۰۱	۰/۷۲	۰/۰۴۱
	تمرینات در آب	تمرینات قدرتی	۰/۳۰۶	۰/۷۳	۰/۵۹۲
		مکمل امگا-۳	۰/۸۹۴	۰/۶۳	۰/۱۲۳
فشارخون (میلی‌متر جیوه)	گروه کنترل	تمرینات قدرتی	۳/۷۰	۰/۸۲	۰/۰۰۱
		تمرینات در آب	۴/۹۰	۰/۷۹	۰/۰۰۱
		مکمل امگا-۳	۲/۴۰	۰/۸۴	۰/۰۰۶
	تمرینات قدرتی	تمرینات در آب	۱/۲۰	۰/۸	۰/۱۴۹
		مکمل امگا-۳	۱/۳۰	۰/۷۸	۰/۱۱۹
	تمرینات در آب	تمرینات قدرتی	۱/۲۰	۰/۸۱	۰/۱۴۹
		مکمل امگا-۳	۲/۵۰	۰/۸۳	۰/۰۰۴
MDA (نانومول / میلی‌لیتر)	گروه کنترل	تمرینات قدرتی	۱/۴۹	۱۴/۹۳	۰/۰۰۱
		تمرینات در آب	۱/۴۵	۱۴/۳	۰/۰۰۱
		مکمل امگا-۳	۰/۱	۱۳/۷۶	۰/۵۴
	تمرینات قدرتی	تمرینات در آب	۰/۰۳	۱۴/۸۳	۰/۸۲
		مکمل امگا-۳	۱/۳۸	۱۴/۷	۰/۰۰۱
	تمرینات در آب	تمرینات قدرتی	۰/۰۳	۱۳/۶	۰/۸۲
		مکمل امگا-۳	۱/۳۵	۱۴/۶۶	۰/۰۰۱
CRP (نانومول / میلی لیتر)	گروه کنترل	تمرینات قدرتی	۰/۸۳	۰/۱۲	۰/۰۰۱
		تمرینات در آب	۰/۷۶	۰/۱۴	۰/۰۰۱
		مکمل امگا-۳	۰/۰۱	۰/۱	۰/۹۹
	تمرینات قدرتی	تمرینات در آب	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۵۹
		مکمل امگا-۳	۰/۸۳	۰/۱۱	۰/۰۰۱
	تمرینات در آب	تمرینات قدرتی	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۵۹
		مکمل امگا-۳	۰/۷۶	۰/۱۱	۰/۰۰۱

بحث

هدف از تحقیق حاضر، مقایسه اثر ۸ هفته تمرین قدرتی، ورزش در آب و مصرف امگا ۳ بر میزان فشار اکسایشی، CRP، هموگلوبین گلیکوزیله و فشارخون در مردان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی بود. نتایج تحقیق نشان داد که مقدار MDA در گروه تمرین در آب و تمرین مقاومتی کاهش معناداری داشت. بین گروه کنترل با گروه تمرین قدرتی و گروه تمرین در آب و همچنین بین گروه تمرین مقاومتی با گروه امگا-۳ و گروه تمرین در آب با گروه امگا-۳ تفاوت معناداری از نظر MDA وجود دارد. به‌عبارت دیگر تمرین مقاومتی و تمرین در آب باعث کاهش MDA شد، اما مصرف امگا-

۳ تأثیر معناداری بر MDA نداشت. این یافته‌ها با نتایج هوشمند و همکاران (۱۳۹۷) هم‌خوانی دارد [۱۷]. محمّدی و همکاران (۲۰۰۹) نیز کاهش معنادار MDA را بعد از ۸ هفته تمرین در آب در موش‌ها گزارش کردند [۱۸]. فعالیت ورزشی به‌ویژه زمانی‌که به‌صورت منظم انجام گیرد، می‌تواند به‌عنوان عامل محرک تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی محسوب شود. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در پاسخ به تمرینات به افزایش تولید رادیکال‌های آزادسازی گاری می‌پردازد و دفاع آنتی‌اکسیدانی بهبود پیدا می‌کند [۱۷]. کاهش هموگلوبین گلیکوزیله نیز می‌تواند از دلایل کاهش فشار اکسایشی و افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها باشد. Park و همکاران افزایش قند خون و هموگلوبین گلیکوزیله را از دلایل افزایش فشار اکسایشی در نمونه‌های دیابتی معرفی کرده‌اند. بنابراین تغییرات هموگلوبین گلیکوزیله از مکانیزم‌های احتمالی کاهش MDA در اثر ورزش است [۱۹]. در کاهش MDA در اثر ورزش مقاومتی و یا تمرین در آب، تغییرات غلظت CRP مؤثر است. برخی مطالعات نشان داده است که افزایش CRP به گسترش فشار اکسایشی منجر می‌شود. بنابراین تغییرات CRP متعاقب ورزش می‌تواند از دلایل احتمالی کاهش MDA در نظر گرفته شود [۲۰]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرین در آب و تمرین مقاومتی به کاهش CRP در افراد دیابتی منجر شد. مصرف امگا-۳ تأثیر معناداری بر CRP در این افراد نداشت. Swift و همکاران نیز نتایج مشابهی گزارش کردند [۲۱]. بهبود در HbA1C با بهبود CRP در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ مرتبط است. افزایش ۱ درصدی HbA1C با افزایش ۲۰ درصدی احتمال افزایش CRP همراه است. اعتقاد بر این است که افزایش قند خون ازطریق افزایش سطح فشار اکسایشی، به افزایش نشانگرهای التهابی (فاکتور نکروز تومور آلفا، اینترلوکین ۶) و مولکول‌های چسبندگی عروقی کمک می‌کند [۲۱]. بنابراین کاهش HbA1C و فاکتور نکروز تومور آلفا، اینترلوکین ۶ و نیز فشار اکسایشی می‌تواند از دلایل احتمالی تأثیر ورزش بر CRP باشد. نتایج مطالعه حاضر در ارتباط با هموگلوبین گلیکوزیله نشان داد که تمرین در آب و تمرین مقاومتی باعث کاهش هموگلوبین گلیکوزیله می‌شود. اما مصرف امگا-۳ تأثیر معناداری بر کاهش هموگلوبین گلیکوزیله نداشت. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های بنائی و همکاران (۲۰۱۵) [۲۲]، درخشان و همکاران (۱۳۹۷) [۲۳] و زارع جاوید و همکاران (۲۰۱۸) [۲۴] همسو می‌باشد. به‌طوری‌که کامرانی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که ترکیب دو گروه ورزش‌های تعادلی و قدرتی در مرحله پیشگیری و ترکیب دو گروه ورزش‌های استقامتی و تعادلی در مرحله درمان بیماری دیابت، کارایی بهتری دارد [۲۵]. درمورد مکانیزم اثر تمرین قدرتی و تمرین در آب می‌توان گفت که تمرین‌دادن عضلات علیه مقاومت و همچنین عضله‌سازی، باعث می‌شود که سلول‌های عضلانی، گلوکز را به یک روش کارآمدتر جذب کنند که این فرآیند برای کنترل سطح قند خون و سلامت متابولیسم، حیاتی است. علاوه‌بر این، تمرینات قدرتی باعث بهبود ترکیب بدنی و کمک به کاهش وزن می‌شوند و کاهش وزن یکی از مهم‌ترین راهکارهایی است که می‌توان جهت نظارت و کنترل سطح قند خون انجام داد. تمرینات هوازی و مقاومتی در بهبود عملکرد انسولین و حساسیت به انسولین مؤثر هستند. بنابراین با در نظر داشتن ماهیت ورزش در آب که دارای هر دو مؤلفه مقاومتی و استقامتی است، می‌توان گفت که بهترین شیوه تمرین برای افراد دیابتی می‌باشد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرین در آب و تمرین مقاومتی و نیز مصرف امگا-۳ باعث کاهش فشارخون می‌شود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های حکیمی و همکاران (۱۳۹۴) [۲۶]، Figueiredo و همکاران (۲۰۱۵) [۲۷] و Lemos و همکاران (۲۰۱۸) [۲۸] همسو بود. ورزش باعث می‌شود که عضله قلب قوی‌تر شود. قلب قوی‌تر مقدار بیشتری خون را با تلاش کمتری پمپاژ می‌کند. اگر قلب با فشار کمتری بتواند خون را تلمبه کند، نیروی وارد بر شریان‌ها کاهش می‌یابد و فشار خون پایین می‌آید. در کاهش فشارخون متعاقب ورزش می‌توان به کاهش فشار اکسایشی و CRP نیز اشاره کرد. مطالعات نشان داده است که افزایش CRP و MDA باعث کاهش انعطاف عروق و نیز افزایش فشارخون می‌گردد [۲۹]. بنابراین کاهش CRP و MDA متعاقب ورزش از دلایل احتمالی کاهش فشارخون در این افراد است. همچنین درمورد اثر امگا-۳ بر کاهش فشارخون نیز باتوجه به این‌که در این تحقیق امگا-۳ بر هموگلوبین گلیکوزیله تأثیر معنادار داشت، می‌توان کاهش هموگلوبین گلیکوزیله را به‌عنوان مکانیزم احتمالی تأثیر امگا-۳ بر فشارخون در نظر گرفت. Manju و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی نشان دادند که بین افزایش هموگلوبین گلیکوزیله و کاهش NO و افزایش فشارخون در افراد دیابتی ارتباط وجود دارد. به‌نحوی‌که افزایش هموگلوبین گلیکوزیله باعث کاهش NO و افزایش فشارخون می‌شود [۳۰].

نتیجه‌گیری

درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که ورزش مقاومتی و تمرین در آب در مقایسه با مصرف امگا-۳ باعث کاهش التهاب و فشار اکسایشی و همچنین فشارخون و هموگلوبین گلیکوزیله در افراد با بیماری نوروپاتی دیابتی می‌شود. بین تمرین مقاومتی و تمرین در آب تفاوتی در اثرگذاری بر متغیرها نبود، اما امگا-۳ فقط بر فشارخون و هموگلوبین گلیکوزیله مؤثر بود.

این مقاله مستخرج از رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله، مراتب تشکر و قدردانی خویش را از افراد شرکت‌کننده در این پژوهش اعلام می‌دارند.

References:

[1] Vinik A, Mehrabyan A. Diabetic neuropathies. ***Medical Clinics*** 2004; 88: 947-99.

[2] Tesfaye S, Selvarajah D. Advances in the epidemiology, pathogenesis and management of diabetic peripheral neuropathy. ***Diabetes Metab Res Rev*** 2012; 28: 8-14.

[3] Horstink KA, van der Woude LHV, Hijmans JM. Effects of offloading devices on static and dynamic balance in patients with diabetic peripheral neuropathy: A systematic review. ***R Rev Endocr Metab Disord*** 2021: 1-11.

[4] Yu Mx, Lei B, Song X, Huang YM, Ma XQ, Hao CX, et al. Compound XiongShao Capsule ameliorates streptozotocin-induced diabetic peripheral neuropathy in rats via inhibiting apoptosis, oxidative-nitrosative stress and advanced glycation end products. ***J Ethnopharmacol*** 2021; 268: 113560.

[5] Seo YH, Shin HY. Relationship between hs-CRP and HbA1c in Diabetes Mellitus Patients: 2015–2017 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. ***Chonnam Med J*** 2021;57:62.

[6] De Sousa R, Azevedo L, Improta-Caria A, Freitas D, Leite H, Pardono E. Type 2 diabetes individuals improve C-reactive protein levels after high-intensity weight lift training. ***Sci Sports*** 2021; 36: 225-31.

[7] Pop-Busui R, Ang L, Holmes C, Gallagher K, Feldman EL. Inflammation as a therapeutic target for diabetic neuropathies. ***Curr Diab Rep*** 2016; 16: 29.

[8] Heidari F, Rabizadeh S, Mansournia MA, Mirmiranpoor H, Salehi SS, Akhavan S, et al. Inflammatory, oxidative stress and anti-oxidative markers in patients with endometrial carcinoma and diabetes. ***Cytokine*** 2019; 120: 186-90.

[9] Baghaiee B, Karimi P, Siahkouhian M, Pescatello L.S. Moderate aerobic exercise training decreases middle-aged induced pathologic cardiac hypertrophy by improving Klotho expression, MAPK signaling pathway, and oxidative stress status in Wistar rats. ***Iran J Basic Med Sci*** 2018, 21.9: 911.

[10] Shenoy S, Arora E, Jaspal S. Effects of progressive resistance training and aerobic exercise on type 2 diabetics in Indian population. ***Int J Diabetes Metab*** 2009; 17: 27-30.

[11] Nadi M, Bambaeichi E, Marandi SM. Comparison of the effect of two therapeutic exercises on the inflammatory and physiological conditions and complications of diabetic neuropathy in female patients. ***Diabetes Metab Syndr Obes*** 2019; 12: 1493.

[12] Zivi I, Maffia S, Ferrari V, Zarucchi A, Molatore K, Maestri R, et al. Effectiveness of aquatic versus land physiotherapy in the treatment of peripheral neuropathies: a randomized controlled trial. ***Clin Rehabil*** 2018; 32: 663-70.

[13] Åsa C, Maria S, Katharina SS, Bert A. Aquatic exercise is effective in improving exercise performance in patients with heart failure and type 2 diabetes mellitus. ***Evid Based Complement Alternat Med*** 2012; 2012.

[14] Lewis EJ, Perkins BA, Lovblom LE, Bazinet RP, Wolever TM, Bril V. Effect of omega-3 supplementation on neuropathy in type 1 diabetes: a 12-month pilot trial. *Neurology* 2017;88:2294-301.

[15] Yorek MA. Is fish oil a potential treatment for diabetic peripheral neuropathy? **C*urr Diabetes Rev*** 2018; 14: 339-49.

[16] Yorek MA. The potential role of fatty acids in treating diabetic neuropathy. ***Curr Diabetes Rev*** 2018; 18: 1-10.

[17] Hooshmand B, Hosseini SRA, Kordi MR, Davaloo T. The Effect of 8-week Aerobic Exercise with Spirulina Supplementation Consumption on Plasma levels of MDA, SOD and TAC in Men with Type 2 Diabetes ***Physio Manag Rese Spor*** 2019; 10: 139-48. [in Persian]

[18] Mohammdi M, Salehi I, Farajnia S. Effect of swimming exercise on oxidative stress in hippocampus of diabetic male Rats. ***Medical J Tabriz Uni Medi Sci*** 2009; 30: 111-8. [in Persian]

[19] Park JE, Lee H, Rho H, Hong SM, Kim SY, Lim Y. Effect of Quamoclit angulata extract supplementation on oxidative stress and inflammation on hyperglycemia-induced renal damage in type 2 diabetic mice. ***Antioxidants*** 2020; 9: 459.

[20] Huang CJ, McAllister MJ, Slusher AL, Webb HE, Mock JT, Acevedo EO. Obesity-related oxidative stress: the impact of physical activity and diet manipulation. ***Sports Med Open*** 2015; 1: 1-12.

[21] Swift DL, Johannsen NM, Earnest CP, Blair SN, Church TS. The effect of exercise training modality on C-reactive protein in Type-2 diabetes. ***Med Sci Sports Exerc*** 2012; 44: 1028.

[22] Banaei P, Tadibi V, Rahimi M. Comparing the effect of two protocols concurrent training (strength-aerobic) on fasting blood glucose, glycosylated hemoglobin, high-sensitivity C-reactive protein and insulin resistance in women with type 2 diabetes. ***Sport Physio*** 2015; 7: 99-108. [in Persian]

[23] Derakhshan K, Mohammadi A, Khajeh Landi A. The effect of an Exercise Course in Water on

Glycosylated Hemoglobin and C-reactive Protein in type 2 Diabetic Women. ***Armagh Danesh*** 2018; 23: 214-24. [in Persian]
[24] Zare Javid A, Maghsoumi-Norouzabad L, Ashrafzadeh E, Yousefimanesh HA, Zakerkish M, Ahmadi Angali K, et al. Impact of cranberry juice enriched with omega-3 fatty acids adjunct with nonsurgical periodontal treatment on metabolic control and periodontal status in type 2 patients with diabetes with periodontal disease. ***J Am Coll Nutr*** 2018; 37: 71-9.
[25] Kamrani AAM, A.MA Sahaf, R. The Relationship between Body Mass Index and Bone Mineral Density in elderly women referred to Quality of Life Control and Health clinic of Khatam-ol-Anbiya Hospital in 2012-2013. ***J Geriatric Nursing*** 2016; 2: 54-68. [in Persian]
[26] Hakimi M, Ali-Mohammadi M, Baghaiee B, Siahkouhian M, Bolboli L. Comparning the effects od 12-weeks of resistance and endurance training on ANP, Endothelin-1, Apelin and blood PRESSUpressure in hypertensive middle-aged men. ***Studies Med Sci*** 2016; 26: 1080-9. [in Persian]
[27] Figueiredo T, Rhea MR, Peterson M, Miranda H, Bentes CM, dos Reis VMdR, et al. Influence of number of sets on blood pressure and heart rate variability after a strength training session. ***J Strength Cond Res*** 2015; 29: 1556-63.
[28] Lemos S, Figueiredo T, Marques S, Leite T, Cardozo D, Willardson JM, et al. Effects of strength training sessions performed with different exercise orders and intervals on blood pressure and heart rate variability. ***Int J Exerc Sci*** 2018; 11: 55.
[29] Cottone S, Mulè G, Nardi E, Vadalà A, Guarneri M, Briolotta C, et al. Relation of C-reactive protein to oxidative stress and to endothelial activation in essential hypertension. ***Am J Hypertens*** 2006; 19: 313-8.
[30] Manju M, Sasmita M, Toora BD. Relationship between glycosylated hemoglobin, serum nitric oxide and mean arterial blood pressure. ***Int J Biomed Sci*** 2014; 10(4): 252–7.