

Effect of Aerobic Training on Physiological Cost Index and VO_{2max} in Women with Multiple Sclerosis

Bayan Fayazi¹, Abdolhossein Parnow^{1*}, Behroz Ahsan²

¹Sports Sciences Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran

²Department of Brain and Nervous Diseases, Medicine Faculty, Kurdistan University of Medical Sciences, Kurdistan, Iran

Article Info:

Received: 20 Dec 2015

Revised: 1 May 2016

Accepted: 11 Jul 2016

ABSTRACT

Introduction: Multiple Sclerosis (MS) is a chronic central nervous system disorder, which leads to myelin destruction. The purpose of this study was to investigate the effect of aerobic training on physiological cost index and VO_{2max} in women with MS.

Materials and Methods: Fifteen women with MS (aged 33.68±8.22 years) and EDSS<4 participated in this study. Participants randomly were divided to experimental group (n=8) and control group (n=7). An aerobic program of 8 weeks' duration, 3 days/week, 20-40 min/day, with 60-80% of HRmax was designed. To measure of physiological cost index, VO_{2max} and additionally, walking endurance of subjects were measured before and after program in both experimental and control groups. **Results:** Data analysis showed that the aerobic training significantly decreased physiological cost index in experimental group. Additionally, after 8-week aerobic training VO_{2max} and walking endurance significantly increased in experimental group. **Conclusion:** Aerobic training can increase walking endurance and improvement physiological cost index in MS diseases and increase VO_{2max}. This indicate the potential for aerobic training in treatment of patients with MS.

Key words:

1. Exercise
2. Multiple Sclerosis
3. Women

*Corresponding Author: Abdolhossein Parnow

E-mail: parnowabdolhossein@gmail.com

اثر تمرین هوایی بر شاخص هزینه فیزیولوژیکی و حداکثر اکسیژن مصرفی در زنان مبتلا به مالتیپل اسکلروز

بیان فیاضی^۱، عبدالحسین پرنو^{۱*}، بهروز احسن^۲

^۱دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

^۲بخش بیماری‌های مغز و اعصاب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، کردستان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ پذیرش: ۲۱ تیر ۱۳۹۵

اصلاحیه: ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۲۹ آذر ۱۳۹۴

چکیده

مقدمه: مالتیپل اسکلروز یک بیماری مزمن سیستم عصبی مرکزی است که منجر به تخریب میلین می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تمرین هوایی بر شاخص هزینه فیزیولوژیکی و حداکثر اکسیژن مصرفی زنان مبتلا به مالتیپل اسکلروز بود. **مواد و روش‌ها:** ۱۵ زن (سن $33/68 \pm 8/22$ سال) مبتلا به مالتیپل اسکلروز با EDSS <۴ در این مطالعه شرکت کردند. شرکت کنندگان به طور تصادفی به دو گروه آزمایش (۸ نفر) و کنترل (۷ نفر) تقسیم شدند. یک برنامه هوایی به مدت ۸ هفته ۳ روز در هفته، ۲۰–۴۰ دقیقه در روز و با شدت ۶۰–۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب، طراحی شد. برای سنجش شاخص هزینه فیزیولوژیکی، حداکثر اکسیژن مصرفی و علاوه بر این، استقامت در راه رفتن از افراد قبل و بعد از برنامه در هر دو گروه آزمایش و کنترل اندازه‌گیری شد. **یافته‌ها:** تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تمرینات هوایی به طور قابل توجهی شاخص هزینه فیزیولوژیکی را در گروه آزمایش کاهش داد. علاوه بر این پس از ۸ هفته تمرین هوایی، حداکثر اکسیژن مصرفی و استقامت راه رفتن در گروه آزمایش به طور معنی‌داری افزایش یافت. **نتیجه‌گیری:** تمرین هوایی در بیماری مالتیپل اسکلروز می‌تواند استقامت راه رفتن را افزایش و شاخص هزینه فیزیولوژیکی را بهبود و حداکثر اکسیژن مصرفی را افزایش دهد. این پتانسیل تمرینات هوایی را در درمان بیماران مبتلا به مالتیپل اسکلروز نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها:

- ۱. ورزش
- ۲. مالتیپل اسکلروز
- ۳. زنان

* نویسنده مسئول: عبدالحسین پرنو

آدرس الکترونیکی: parnowabdolhossein@gmail.com

مقدمه

استراحت^۴ تقسیم بر سرعت متوسط راه رفتن^۵ (۲۰). از جمله مزایای قابل ذکر برای استفاده از این شاخص در مراکز علمی و درمانی، می‌توان به آسان بودن و عدم نیاز به تجهیزات پیچیده اشاره نمود. به علاوه با ادغام تغییرات ضربان قلب^۶ با فعالیت بدنی (سرعت متوسط راه رفتن) یک شاخص قابل استناد جهت مطالعه انرژی فیزیولوژیکی مصرفی فرد مورد مطالعه، تأمین می‌شود (۲۰).

با توجه به اینکه مبتلایان به MS حتی با سطح پایین بیماری، معمولاً یک زندگی کمتحرک را پیش می‌گیرند می‌توان انتظار داشت که سطح پایین آمادگی قلبی-عروقی و اسکلتی عضلانی منجر به بالا رفتن هزینه انرژی مصرفی در زمان فعالیت و راه رفتن و همچنین باعث کاهش حداکثر اکسیژن مصرفی^۷ این بیماران می‌شود (۲۸-۳۲، ۳۵-۳۷).

تا به امروز هیچ درمان قطعی برای MS وجود نداشته است و شواهد کمی وجود دارد که راه حل‌های دارویی بتوانند به ضعف عضلانی و مشکلات راه رفتن که به طور معمول توسط این افراد تجربه شده‌اند، کمک کند. با وجود این، تحقیقات نشان دادند که فعالیت بدنی از جمله تمرين هوازی باعث افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و کاهش مصرف انرژی افراد مبتلا به MS و جلوگیری از عواقب این بیماری می‌شود. همچنین پژوهشگران نشان داده‌اند که یک ارتباط مستقیم و اولیه بین قدرت عضلانی و عملکرد بسیاری از فعالیت‌های روزمره مثل پیاده‌روی در افراد مبتلا به MS وجود دارد (۱۹، ۲۳، ۲۴، ۴۲).

اکسیژن مصرفی مقدار انرژی مصرف شده در هر واحد از زمان را مشخص می‌کند و هزینه انرژی، مقدار انرژی استفاده شده هنگام عبور از هر واحد مسافت را نشان می‌دهد و منعکس کننده کل انرژی مورد نیاز برای انجام کار پیاده‌روی است. هزینه انرژی راه رفتن در میان افراد حتی در یک فرد، متفاوت و وابسته به وزن بدن، سرعت راه رفتن، بافت و شب سطح می‌باشد. در آزمودنی‌های سالم راه رفتن نیاز به کمتر از ۵۰ درصد از حداکثر اکسیژن مصرفی دارد. حداکثر اکسیژن مصرفی در طی راه رفتن با یک سرعت خود انتخابی با افزایش سن از ۲۸ درصد دوران کودکی تا نزدیک ۴۸ درصد در سن ۷۵ سالگی بالا می‌رود. تفاوت قابل توجهی در اکسیژن مصرفی راه رفتن بین مردان و زنان وجود ندارد؛ اما با افزایش سن کاهش می‌یابد. سرعت خود انتخابی نیازمند حداقل فعالیت قلبی-تنفسی است؛ بنابراین برای هر فرد اقتصادی‌تر می‌باشد (۴۶، ۴۷).

مالتیپل اسکلروز (MS)^۱ بیماری مزمن و ناتوان کننده سیستم عصبی است که میلین سیستم اعصاب مرکزی (مغز و نخاع) را تخریب می‌کند و به دنبال آن به تدریج بخشی از عضلات بدن توانایی خود را از دست می‌دهند (۱-۵). نشانه‌های بیماری MS از دامنه وسیعی برخوردار است که از آن جمله می‌توان به ضعف عضلات، اختلالات بینایی، اختلالات حسی و اختلالات شناختی اشاره کرد (۴-۷). این بیماری در میان افرادی که در مناطق اقلیمی شمالی دارای آب و هوای معتدل زندگی می‌کنند، شایع‌تر است (۸-۱۱). متأسفانه تعداد زیادی از مردم جهان به این بیماری مبتلا هستند و روز به روز بر تعداد مبتلایان افزوده می‌شود (۱۲-۱۸). بالاترین میزان شیوع شناخته شده این بیماری، بیش از ۲۵۰ مورد در هر ۱۰۰ هزار نفر در جزایر اورکنی، در شمال اسکاتلند می‌باشد (۱۹، ۲۰). در حدود ۳۰۰ هزار نفر در آمریکا بدان مبتلا هستند و بیشترین میزان بروز آن در افراد جوان می‌باشد (۲۱-۲۷).

به طور کلی در ایران، حدود ۱۵ تا ۳۰ نفر از هر ۱۰۰ هزار نفر گزارش شده است (۴، ۲۸-۳۴). کاهش توانایی‌های حرکتی و تعادل از مشکلات اساسی این بیماران است. بیش از ۸۵ درصد از این بیماران از مشکلات راه رفتن رنج می‌برند (۲۳-۲۷، ۳۵). توانایی حرکتی فرد ممکن است تحت تأثیر عوامل متعددی مانند ضعف، عدم تعادل، خستگی، اسپاسم و شرایط محیطی قرار گیرد (۳۶-۴۲)، تغییر در گام به واسطه بیماری، از عوامل مهمی است که منجر به افزایش هزینه انرژی، کاهش تعادل و کاهش ظرفیت فرد می‌شود. محققان نشان داده‌اند که هزینه اکسیژن مصرفی بیماران MS در هنگام راه رفتن تا ۴ برابر بیشتر از افراد سالم است (۱۲، ۳۴، ۳۷).

مشکلات ناشی از نشانه‌های بیماری، فرد را در انجام فعالیت‌های زندگی روزانه محدود می‌کند. حتی بیمارانی که به طور خفیف تحت تأثیر بیماری MS گرفته‌اند، نسبت به افراد سالم، دچار کاهش توانایی فعالیت‌های جسمی و فعالیت‌های پایه و مفید زندگی روزانه هستند. بیماری MS، استقلال و توانایی فرد را برای شرکت مؤثر در خانواده و جامعه مورد تهدید قرار می‌دهد و بیمار را به سوی احساس فقدان شایستگی و اطمینان از خود سوق می‌دهد (۴۵، ۴۶-۴۸).

مک‌گریگور شاخص هزینه فیزیولوژیک (PCI)^۲ را برای اندازه‌گیری هزینه انرژی مصرفی در هنگام راه رفتن پیشنهاد کرد و آن را این گونه تعریف کرد: تفاوت ضربان قلب در حین راه رفتن^۳ و ضربان قلب در حین

¹ Multiple sclerosis

² Physiological cost index

³ Walking heart rate

⁴ Rest heart rate

⁵ Walking speed

⁶ Heart rate

⁷ Volume oxygen maximum

شناخت

برای نظارت و کنترل بیشتر تمرين، افراد در گروههای ۲-۳ نفره و در زمان از پیش تعیین شده در محل انجام تمرين حاضر می‌شدند؛ اما تمرين برای همه افراد در صبح انجام شد. ضربان قلب بیماران در تمام جلسات تمرين با استفاده از ضربان سنج پلار (ساخت کشور فنلاند) کنترل می‌شد. علاوه بر این، برای کنترل فشار تمرين از مقیاس ۲۰ امتیازی بورگ استفاده شد.

نحوه اندازه‌گیری شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

برای اندازه‌گیری هزینهٔ انرژی مصرفی از معادله زیر که تفاوت ضربان قلب در حین راه رفتن و استراحت تقسیم بر سرعت متوسط راه رفتن می‌باشد؛ استفاده شد که قبل و بعد از اعمال پروتکل تمرينی در هر دو گروه آزمایش و گواه استفاده شد. لازم به ذکر است که ضربان قلب در حال استراحت و ضربان قلب در حین راه رفتن افراد مبتلا از طریق معدل گیری ضربان‌های ثبت شده تعیین می‌شود؛ به طوری که از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود با بستن ضربان سنج پلار برای چند دقیقه آرام و بی‌حرکت روی صندلی بنشینند و سپس ضربان قلب استراحتی آن‌ها در مدت دو دقیقه در هر ده ثانیه ثبت می‌شود و بعد از معدل گیری مقدار آن را به دست آورده و بعد از آن‌ها خواسته می‌شود که روی نوارگردان راه بروند و در عرض دو دقیقه راه رفتن، سرعت راه رفتن و مقدار ضربان قلب آن‌ها هر ده ثانیه ثبت می‌شود و در نهایت این مقادیر در فرمول مربوط به شاخص هزینهٔ فیزیولوژیک قرار داده می‌شد (۲۰).

$$PCI \left(\frac{baets}{m} \right) = \frac{WHR \left(\frac{baets}{min} \right) RHR \left(\frac{baets}{min} \right)}{WS \left(\frac{m}{min} \right)}$$

PCI: شاخص هزینهٔ فیزیولوژیک، RHR: ضربان قلب در حین استراحت، WHR: ضربان قلب در حین راه رفتن WS: سرعت متوسط راه رفتن

نحوه اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها

برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی بیماران از آزمون پله کالج کوئین^{۱۰} که یکی از آزمون‌های معتبر استقامت قلبی-عروقی می‌باشد، استفاده شد. ارتفاع پله ۴۱ سانتی‌متر و به مدت سه دقیقه اجرا می‌شد. در این آزمون از مترونوم^{۱۱} برای تعداد گام آن‌ها که در ۲۲ گام در دقیقه تنظیم شده، استفاده شد. افراد در این زمان از پله بالا و پایین می‌روند (پای راست بالا-پای چپ بالا، پای راست پایین-پای چپ پایین) و در پایان روی صندلی نشسته و در عرض ۵ ثانیه نبض فرد را پیدا

⁸ Expanded disability status scale

⁹ Neurologist

لذا با توجه به عوارض و مشکلات ناشی از این بیماری و روند رو به افزایش آن در ایران و محدود بودن مطالعات در این زمینه، محققین بر آن شدند که تأثیر تمرين هوازی را بر میزان شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی و تعادل و حداکثر اکسیژن مصرفی بیماران مبتلا به MS مورد بررسی قرار دهند تا در صورت مثبت بودن نتایج، این روش درمانی تکمیلی، جهت افزایش تعادل و حداکثر اکسیژن مصرفی و کاهش هزینهٔ انرژی مورد استفاده در این دسته از بیماران پیشنهاد گردد.

مواد و روش‌ها

با توجه به درجهٔ ناتوانی (EDSS)^۸ افراد، تعداد ۱۶ نفر از زنان مبتلا به این بیماری از انجمن MS شهرستان سنتنجر در این مطالعه شرکت کردند و در دو گروه گواه (۷ نفر) و آزمایش (۹ نفر) قرار گرفتند. در گروه آزمایش یک نفر به علت مشکلات شخصی از پژوهش حذف شد. شرکت کنندگان فرم‌های همکاری، اطلاعات فردی و رضایت‌نامه را قبل از شروع دورهٔ تمرينی تکمیل کردند. بر اساس طرح تحقیق، شرایط شرکت در مطالعه شامل موارد زیر بود: (۱) افراد ۲۰-۴۵ سال (۲) تأیید بیماری MS توسط متخصص داخلی اعصاب^۹ (۳) نمره میزان ناتوانی برابر یا کمتر از ۴ با استفاده از مقیاس سنجش ناتوانی توسط متخصص مغز و اعصاب^{۱۰} (۴) ابتلاء به بیماری MS حداقل به مدت سه ماه (۵) نداشتند فعالیت بدنی منظم. همچنین افرادی که به بیماری‌های دیگری همچون دیابت، آرتروز، بیماری‌های روانی مبتلا بودند و همچنین زنان باردار در این پژوهش کنار گذاشته شدند. ۴۸ ساعت قبل و بعد از شروع دورهٔ تمرينی، در هر دو گروه گواه و آزمایش شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی و حداکثر اکسیژن مصرفی مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. بعد از جمع‌آوری اطلاعات پیش‌آزمون، از گروه گواه خواسته شد که به روند عادی و طبیعی زندگی خود ادامه دهند. گروه آزمایش زیر نظر متخصص ورزشی و بر اساس برنامهٔ تمرينی از پیش تعیین شده که در ادامه آورده شده است، به فعالیت پرداختند.

مطالعه حاضر توسط کمیتهٔ اخلاق پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی کردستان با کد ۱۴/۳۷/۴۲۹ در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۴ تصویب و به ثبت رسیده است.

برنامهٔ تمرينی گروه آزمایش

بیماران در این گروه در برنامه‌ای به مدت ۸ هفته‌ای سه جلسه، هر جلسه ۲۰-۴۰ دقیقه (این مدت‌زمان جدا از ۱۰-۲۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن بود) و با شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه بر روی نوارگردان در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد شرکت کردند.

¹⁰ Queen college step test

¹¹ Metronome

همچنین برای مقایسه دو گروه از t مستقل و برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر گروه از t وابسته با سطح معنی‌داری ($P < 0.05$) استفاده شد. تمامی عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS¹⁹ انجام گرفت.

یافته‌ها

جدول ۱ نشان‌دهنده مشخصات آزمودنی‌ها و بیانگر توزیع سنی، قد، وزن، درجه ناتوانی و طول مدت بیماری آزمودنی‌ها می‌باشد. **جدول ۲** یافته‌های آماری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو گروه آزمایش و گواه می‌باشد.

با توجه به نتایج حاصل از آزمون t مستقل تفاوتی بین پیش‌آزمون بیماران گروه‌های آزمایش و گواه در همه متغیرها مشاهده نشد؛ اما در پس‌آزمون بین برخی از متغیرها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین، نتایج آزمون t همبسته در اکثر پارامترها بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه آزمایش تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.001$) (جدول ۲).

نتایج آماری t مستقل نشان داد که بین میزان شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی بیماران MS در دو گروه آزمایش و گواه تفاوت معنی‌داری در پیش‌آزمون وجود ندارد ($P = 0.36$)؛ همچنین برای این فرضیه از آزمون t همبسته استفاده شد که بین میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی آزمودنی‌های گروه آزمایش، کاهش معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.01$)؛ به علاوه، نشان داده شد که شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی بیماران MS در پس‌آزمون دو گروه آزمایش و گواه تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($P = 0.02$). تجزیه و تحلیل پس‌آزمون داده‌ها نشان داد که ۸ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معنی‌دار شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی در مقایسه با پیش‌آزمون بیماران گروه آزمایش به میزان $29/38$ درصد شد؛ درحالی‌که شاخص هزینهٔ فیزیولوژیکی در گروه گواه $3/69$ افزایش یافت؛ اما این افزایش معنی‌دار نبود (نمودار ۱).

کرده و به مدت ۱۵ ثانیه تعداد ضربان را ثبت و در 4 ضرب می‌شد و بعد از آن در فرمول حداکثر اکسیژن مصرفی قرار داده می‌شد. این آزمون برای هر دو جنس قابل استفاده است. فرمول زیر برای ارزیابی حداکثر اکسیژن مصرفی زنان می‌باشد. نکته قابل توجهی که باید ذکر کنیم این است که این آزمون برای افراد سالم و افرادی که توانایی انجام این آزمون را دارند باید استفاده شود. با توجه به اینکه آزمودنی‌های شرکت کننده در این پژوهش بیماران با درجه ناتوانی خفیف تا متوسط بودند مشکلی برای اجرای این آزمون نداشتند؛ اما برای بیماران با درجه ناتوانی بالاتر از 4 نامناسب می‌باشد (۳۰).

$$V_{O2\max} = 65/81 - 0.1847 \times HR$$

$V_{O2\max}$: حداکثر اکسیژن مصرفی، HR : ضربان قلب
نحوه اندازه‌گیری استقامت راه رفت

این آزمون از ساده‌ترین و معترض‌ترین آزمون‌های تشخیص ظرفیت بدنی بیماران محسوب می‌شود. این آزمون در تشخیص ظرفیت عملکرد تمرينی بیماران مبتلا به نارسایی مزمن قلبی^{۱۲} و انسداد مزمن ریوی^{۱۳} کاربرد دارد و آزمونی معتبر، راحت، کم خطر و کم هزینه تلقی می‌گردد (۲۳). برای بررسی استقامت راه رفت (متر بر دقیقه) با محاسبه آزمون شش دقیقه راه رفت (متر بر دقیقه) با محاسبه کل مسافت پیموده شده در هر دو گروه گواه و آزمایش، قبل و بعد از اعمال تمرين به عنوان شاخص عملکردی افراد استفاده شد. در این آزمون ضربان قلب 30 ثانیه به 30 ثانیه اندازه‌گیری و ثبت می‌شد و از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد که به مدت شش دقیقه راه بروند و در کل مسافت پیموده شده، ثبت می‌گردید (۲۳، ۲۴).

آزمون آماری

برای رسم نمودارها، میانگین‌ها و انحراف استاندارد از آمار توصیفی و برای بررسی فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون کلموگراف-اسمیرونوف استفاده شد،

جدول ۱- برخی مشخصات فردی-اجتماعی بیماران مبتلا به MS هر دو گروه گواه و آزمایش شرکت کننده در پیش‌آزمون مطالعه.

طول مدت بیماری (سال)	درجه ناتوانی (EDSS) (۴-۰)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	سن (سال)	تعداد آزمودنی‌ها	متغیرها
						گروه آزمایش
$6/3 \pm 5/20$	1 ± 2	$61/12 \pm 87/41$	$160/4 \pm 25/33$	$34/9 \pm 5/33$	۸	گروه آزمایش
$6/3 \pm 28/63$ محشره	$2/0 \pm 0/7/67$	$62/13 \pm 85/84$	$161/4 \pm 42/85$	$33/7 \pm 14/42$	۷	گروه گواه

¹² Chronic heart failure

¹³ Chronic obstructive pulmonary disease

¹⁴ Statistical package for the social sciences

شتر ختم

جدول ۲- مقایسه درون گروهی و بین گروهی متغیرهای شاخص هزینه فیزیولوژیکی و حداکثر اکسیژن مصرفی در گروههای گواه و آزمایش.^{*}

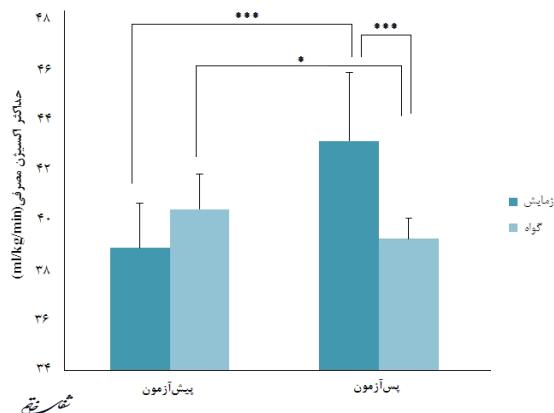
مشاهده شده در سطح ($P<0.05$) معنی دار است.

سطح معنی داری		گواه			آزمایش			گروه متغیر
پس آزمون	پیش آزمون	سطح معنی داری	پس آزمون	پیش آزمون	سطح معنی داری	پس آزمون	پیش آزمون	
*0.001	0.98	0.07	53/71±6/45	57/28±11/23	*0.001	78/28±11/75	57/42±9/39	سرعت متوسط راه رفتن (m/min)
0.27	0.78	0.10	81/14±8/23	78/85±7/55	*0.001	72/5±8/92	79±5/12	ضریان قلب استراحت (beats/min)
*0.001	0.95	0.07	120/71±6/07	118/57±5/56	*0.001	111/5±4/37	118/37±6/23	ضریان قلب در حین راه رفتن (beats/min)
0.91	0.63	0.91	39/57±8/16	39/71±8/86	0.25	39±11/66	43±5/15	تفاوت ضریان قلب در حین راه رفتن و استراحت (beats/min)
*0.02	0.36	0.34	0/73±0/24	0/70±0/24	*0.01	0/49±0/12	0/69±0/17	شاخص هزینه فیزیولوژیکی (beats/m)
*0.001	0.08	*0.02	39/22±0/82	40/38±1/39	*0.001	43/0.9±2/69	28/85±1/76	حداکثر اکسیژن مصرفی
*0.001	0.27	*0.04	384/28±8.9/22	403/57±87/97	*0.001	59.7/37±12.2/0.1	445.75±10.2/12	استقامت راه رفتن (m/min)
نمودار								

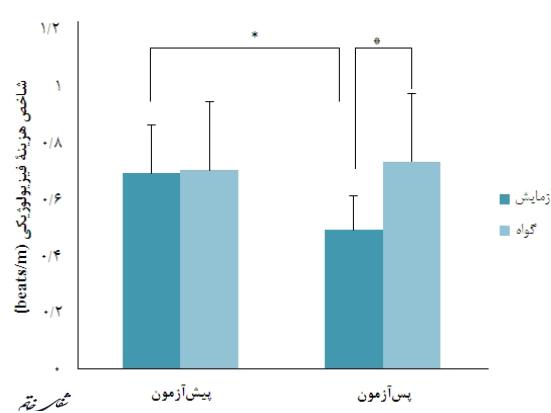
هفته تمرين هوازی موجب افزایش معنی دار حداکثر اکسیژن مصرفی در مقایسه با پیش آزمون بیماران گروه آزمایش به میزان ۱۱/۰۱ درصد شد؛ در حالی که حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه گواه ۲/۸۱ کاهش یافت؛ اما این کاهش معنی دار نبود (نمودار ۲). استقامت راه رفتن در پس آزمون، در مقایسه با پیش آزمون گروه آزمایش، به میزان ۳۴/۰۱ درصد افزایش یافت ($P<0.01$)؛ اما در گروه گواه ۴/۷۸ درصد کاهش یافت. به علاوه، بین دو گروه در پس آزمون استقامت راه رفتن ۱۷/۲۴ درصد افزایش معنی داری وجود داشت ($P<0.01$) ($P<0.01$) (نمودار ۳).

آزمون آماری t مستقل نشان داد که بین میزان حداکثر اکسیژن مصرفی بیماران MS در دو گروه آزمایش و گواه تفاوت معنی داری در پیش آزمون وجود ندارد ($P=0.08$)؛ همچنین برای این فرضیه، از آزمون t همبسته استفاده شد که بین میانگین پیش آزمون و پس آزمون حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی های گروه آزمایش افزایش معنی داری مشاهده شد ($P<0.001$)؛ به علاوه، نشان داده شد که حداکثر اکسیژن مصرفی بیماران MS در پس آزمون دو گروه آزمایش و گواه تفاوت معنی دار وجود دارد ($P<0.001$) (نمودار ۲).

تجزیه و تحلیل پس آزمون داده ها نشان داد که ۸



نمودار ۲- میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی (m/min) در دو گروه آزمایش و گواه.^{*}تفاوت معنی داری بین پیش آزمون و پس آزمون گروه گواه.^{**}تفاوت معنی داری بین پیش آزمون و پس آزمون گروه آزمایش و تفاوت معنی داری بین پس آزمون بین دو گروه ($P<0.001$).



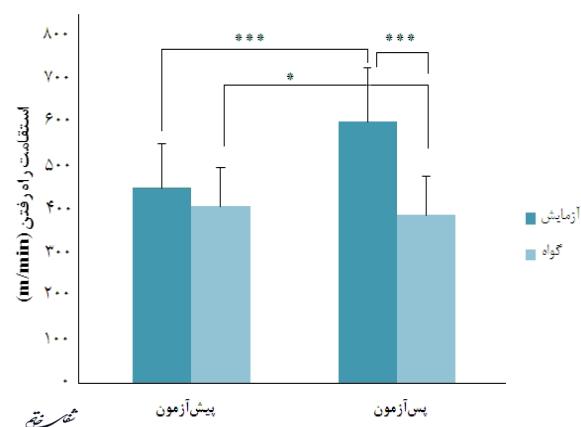
نمودار ۱- میانگین شاخص هزینه فیزیولوژیکی (beats/m) در دو گروه آزمایش و گواه.^{*}تفاوت معنی داری بین پیش آزمون و پس آزمون گروه آزمایش و تفاوت معنی داری بین پس آزمون دو گروه ($P<0.05$).

شده و لذا بهبود سرعت راه رفتن را به دنبال داشته باشند. با استناد به گفته نیومن و همکاران احتمالاً افزایش بیشتر سرعت متوسط راه رفتن در گروه تمرینات هوازی، به دلیل اختصاصی بودن شیوه تمرینات این گروه در پژوهش حاضر بوده است. در مقابل نکته جالب توجه اینکه سرعت متوسط راه رفتن بیماران گروه گواه، بعد از ۸ هفته ۳/۱۳ درصد کاهش نشان داد (۳۹).

تمامی این تغییرات مثبت در یافته‌های پژوهش حاضر مربوط به سرعت متوسط راه رفتن در گروه آزمایش، با توجه به شاخص هزینه‌فیزیولوژی مصرفی نسبت به بیماران گروه گواه سیار مورد توجه است. باید به این نکته مهم توجه کرد که با توجه به اطلاعات موجود در جدول ۲، ضربان قلب در حال استراحت و ضربان قلب در حین راه رفتن پس آزمون بیماران شرکت کننده نسبت به پیش آزمون در گروه آزمایش معنی‌داری داشت؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهبود در شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی بیماران شرکت کننده در گروه آزمایش مربوط به بهبود در دو پارامتر سرعت متوسط راه رفتن و ضربان قلب این افراد بوده و به همین دلیل تفاوت در شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی گروه آزمایش کاملاً چشمگیر بود. همانطور که مشاهده شد، تغییرات در گروه آزمایش حاکی از تأثیر بیشتر تمرینات هوازی در مدت ۸ هفته بر سیستم‌های بدن از جمله سیستم قلبی-عروقی و سیستم حرکتی بیماران MS بوده است.

تعداد مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر یک دوره تمرینی بر شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی در بیماران مبتلا به MS خیلی کم یافت شد. پاتاجان و همکاران در مطالعات خود، ۱۰ درصد افزایش را در توان هوازی و کاهش در شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی در بیماران مبتلا به MS بعد از ۵ هفته تمرین هوازی روی دوچرخه ارگومتر مشاهده کردند (۳۹). در پژوهشی که توسط ارسسطو و همکاران انجام شد، گزارش کردند که اثر تمرینات هوازی بر شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی در بیماران مبتلا به MS بسیار چشمگیرتر از تمرینات یوگا می‌باشد؛ آن‌ها انجام تمرینات هوازی را برای بیماران مبتلا به MS بیشتر مورد تأکید قرار دادند (۱) که این با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است.

هزینه انرژی یکی از منافع اصلی مدیریت محدودیت‌های راه رفتن است و ممکن است کارایی راه رفتن را با کاهش مصرف انرژی با همان مسافت راه رفتن بهبود دهد. با توجه به اینکه بیماران مبتلا به MS به کم تحرکی روی می‌آورند؛ بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان با طراحی پروتکل تمرین هوازی فردی‌سازی شده مطابق با سطح ناتوانی فرد، کارایی راه رفتن را با کاهش مصرف



نمودار ۳- میانگین استقامت راه رفتن (m/min) در دو گروه آزمایش و گواه.

*تفاوت معنی‌داری بین پیش آزمون گروه گواه ($P < 0.05$).

**تفاوت معنی‌داری بین پیش آزمون گروه آزمایش و پس آزمون گروه آزمایش و تفاوت معنی‌داری بین پس آزمون بین دو گروه ($P < 0.001$)..

بحث و نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری سرعت متوسط راه رفتن به عنوان شاخص کارایی جسمی آزمودنی‌ها و اندازه‌گیری شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی به عنوان انرژی فیزیولوژی مصرفی جهت پیش‌تیبانی فعالیت بدنی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت که می‌تواند نمایانگر چگونگی تأثیر برنامه تمرینات منتخب هوازی قبل و بعد از ۸ هفته در گروه‌های آزمون و مقایسه آن با گروه گواه باشد. همانطور که مشاهده شد، تغییرات در گروه هوازی حاکی از تأثیر بیشتر این تمرینات، در مدت ۸ هفته بر سیستم‌های بدن از جمله سیستم قلبی-عروقی و سیستم حرکتی بیماران MS بوده است.

مهرترین یافته‌های پژوهش حاضر این بود که ۸ هفته تمرینات هوازی موجب کاهش معنی‌داری در شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی بیماران مبتلا به MS در گروه آزمایش شد. مقایسه فاکتورهای مورد مطالعه در گروه آزمایش بعد از ۸ هفته اندازه‌گیری، میان آن است که شاخص هزینه‌فیزیولوژیکی تفاوت معنی‌داری با گروه گواه داشته است؛ مثلاً میزان ضربان قلب در حین راه رفتن در گروه آزمایش کاهش معنی‌داری داشت؛ همچنین میزان سرعت متوسط راه رفتن آن‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد.

با توجه به یافته‌های پژوهش، مشخص می‌شود که میانگین سرعت متوسط راه رفتن پس از مداخله تمرینی افزایش داشت. گیسر در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۸ بیان می‌دارد که توانایی حرکتی بیماران MS ممکن است تحت تأثیر عوامل متعددی مانند ضعف، عدم تعادل، خستگی، سفتی^{۱۵} و شرایط محیطی قرار گیرد (۴۴)؛ از طرفی پژوهش‌های نشان می‌دهند که تمرینات روی تردیمیل (۳۹، ۴۵) می‌توانند موجب بهبود این عوامل

^{۱۵} Spasticity

شناخت

توان هوازی و استقامت آنان تأثیر دارد؛ گزارش شده است که تمرين هوازی موجب بهبود در استقامت قلبی-تنفسی بیماران می‌گردد. در پژوهش حاضر، استقامت راه رفتن بیماران مورد مطالعه نیز ارزیابی شد. نتایج نشان داد که برنامه تمرينی استفاده شده بر عملکرد آزمودنی‌ها تأثیرگذار بوده است. افزایش استقامت راه رفتن آزمودنی می‌تواند گواه این ملاک ارزیابی باشد. پیش‌تر از این، گزارش شد که در نتیجه تمرين هوازی، استقامت راه رفتن افزایش یافت. محققان علت این افزایش را در گروه آزمایش بیماران مبتلا به MS، تأثیر تمرينات هوازی بر سیستم حرکتی - عضلانی گزارش کردند (۲۵) که این با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است. این محققین همچنین نشان دادند که بعد از ۴ هفته تمرين هوازی با شدت ۶۰ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه، ۶۱ متر راه رفتن بیماران مبتلا به MS نسبت به قبل از انجام تمرينات افزایش یافته بود. محققان دلیل افزایش استقامت راه رفتن افراد مبتلا را در بهبود عملکرد عصبی - عضلانی آن‌ها یافته بودند که این امر به افزایش عملکرد و استقامت راه رفتن افراد مبتلا به MS منجر شده بود (۲۵). با توجه به یافته‌های این محققان، ممکن است افزایش استقامت راه رفتن بیماران گروه آزمایش در پژوهش حاضر نیز به دلیل بهبود عملکرد عصبی - عضلانی و سیستم حرکتی افراد مبتلا باشد که به کاهش ناتوانی حرکتی فرد و افزایش کیفیت زندگی افراد مبتلا منجر می‌شود.

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که ورزش برای بیماران مبتلا به مالتیپل اسکلروز مؤثر می‌باشد و می‌توان به این بیماران انجام ورزش‌های هوازی را توصیه کرد. همانطور که مشاهده شد تغییرات در گروه تمرينی حاکی از تأثیر بیشتر این تمرينات در مدت ۸ هفته بر سیستم‌های بدن از جمله سیستم عصبی - روانشناختی و سیستم حرکتی بیماران MS بوده است. این مطالعه نشان داد برنامه تمرين هوازی ممکن است بخشی از برنامه بازتوانی بیماران MS باشد و باعث بهبود در شاخص هزینه فیزیولوژیکی و حداکثر اکسیژن مصرفی شود که بهبود در کیفیت زندگی را به همراه دارد؛ بنابراین برنامه تمرينی مطالعه شده در این پژوهش می‌توانند به عنوان بخشی از برنامه توابخشی یا فعالیت‌های ورزشی مؤثر در بیماران MS مورد استفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

نویسنده‌گان این پژوهش مراتب تشکر خود را از تمامی عزیزانی که در جمع‌آوری اطلاعات و انجام هر چه بهتر این مطالعه ما را یاری نمودند، اعلام می‌دارند.

انرژی با همان مسافت راه رفتن بهبود بخشد.

در پژوهش حاضر، حداکثر اکسیژن مصرفی بیماران مورد مطالعه نیز ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که برنامه تمرينی استفاده شده بر حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها تأثیرگذار بوده است. ۸ هفته تمرينات هوازی موجب افزایش معنی‌داری در حداکثر اکسیژن مصرفی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون بیماران گروه آزمایش شد؛ در مقابل حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه گواه، کاهش معنی‌داری یافت. تغییرات در درصد چربی بدن (۳/۶۵ درصد کاهش) و افزایش استقامت راه رفتن آزمودنی می‌تواند گواه این ملاک ارزیابی باشد (۴۲).

پیش‌تر از این رومبرگ و همکاران و همچنین موتل و همکاران گزارش کردند که در نتیجه تمرين هوازی حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش می‌یابد. محققان علت این افزایش را در گروه آزمایش بیماران مبتلا به MS، تأثیر تمرينات هوازی بر حداکثر اکسیژن مصرفی گزارش کردند (۴۰، ۱۶) که این با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است. همچنین فوجلیو و همکاران گزارش کردند که تمرينات هوازی منجر به افزایش معنی‌داری در حداکثر اکسیژن مصرفی بیماران مبتلا به MS می‌شود که محققان دلیل آن را در بهبود عملکرد عضله تنفسی بیماران یافتند (۴۶). در مطالعه‌ای که توسط موتل و همکاران انجام شد، گزارش کردند که کم تحرکی به کاهش عملکرد قلبی - تنفسی منجر می‌شود؛ چراکه هنگام انجام کار و یا فعالیت در افراد مبتلا به MS میزان اکسیژن مصرفی با صرف بیشترین انرژی نسبت به افراد سالم صورت می‌گیرد. محققان با انجام تمرينات ورزشی در افراد مبتلا به MS به این نتیجه رسیدند که تمرينات ورزشی به کاهش هزینه انرژی و افزایش توان هوازی افراد منجر می‌شود که این امر باعث افزایش استقامت و سرعت راه رفتن و در نتیجه جلوگیری از عاقب بیماری در افراد مبتلا می‌شود (۱۶، ۳۸).

ممکن است افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی بیماران گروه آزمایش در پژوهش حاضر نیز به دلیل تقویت عضله تنفسی افراد مبتلا باشد؛ چراکه در بیماران MS کاهش در تحمل تمرين ممکن است تا اندازه‌ای مرتبط با کم کاری عضله تنفسی باشد. این نتایج با پیشینه موجود مبنی بر آنکه فعالیت ورزشی منظم بهویژه زمانی که با کاهش وزن همراه باشد و آمادگی قلبی - تنفسی با میزان بیشتر حداکثر اکسیژن مصرفی همراه است، تأیید می‌شود. با توجه به اینکه در این بیماران کاهش ظرفیت دستگاه قلبی - تنفسی نیز دارند که بر

1. Arastoo AA, Ahmadi A, Zahednejad Sh. The comparison of effect of 8 weeks aerobic and yoga training on physiological cost index in multiple sclerosis patients. *Sci Med J.* 2011; 10(2): 153-62.
2. Eftekhari E, Nikbakht H, Etemadifar M, Rabiee K. Effect of endurance training on aerobic power and quality of life in female patients with multiple sclerosis. *Olympic journal.* 2008; 16(1): 37-46.
3. Comi G, Leocani L, Rossi P, Colombo B. Physiopathology and treatment of fatigue in multiple sclerosis. *J Neurol.* 2001; 248(3): 174-9.
4. Etemadifar M, Ashtary F. Diagnosis and treatment of multiple sclerosis. 1st ed. Esfahan. Chahar Bagh publisher. 2002; 13-5.
5. Greenberg DA. Clinical Neurology Aminoff. Translated by Sayed Mostafa Emami and Mohammed Hossein Shoja Moradi. Shabnam Danesh. 2002; 83(13): 123-125.
6. Fernández O, Baumstarck-Barrau K, Simeoni MC, Auquier P, MusiQoL study group. Patient characteristics and determinants of quality of life in an international population with multiple sclerosis: assessment using the musiqol and sf-36 questionnaires. *Mult Scler.* 2011; 17(10): 1238-49.
7. Miller A, Dishon S. Health-related quality of life in multiple sclerosis: the impact of disability, gender and employment status. *Qual life Res.* 2006; 15(2): 71-259.
8. Bradley, Daroff, Fenichel, Jankovic. *Neurology in clinical practice.* 4th ed. Philadelphia: Elsevier, 2004.
9. Schwid SR, Murray TJ. Treating fatigue in patients with MS: one step forward, one step back. *Neurology.* 2005; 64(7): 1111-2.
10. Carroll L. Does aspirin or modafinil help fatigue in MS? Clinical trials offer mixed results. *Neurology.* 2005; 5: 38-39.
11. Häuser W, Stallmach A, Kocalevent RD, Rose M, Fliege H. Biopsychosocial predictors of fatigue in quiescent and mild ulcerative colitis. *GMS Psychosoc Med.* 2005; 2: 1-8.
12. Andreasen AK, Stenager E, Dalgas U. The effect of exercise therapy on fatigue in multiple sclerosis. *Mult Scler.* 2011; 17(9): 1041-54.
13. Neill J, Belan I, Ried K. Effectiveness of non-pharmacological interventions for fatigue in adults with multiple sclerosis, rheumatoid arthritis, or systemic lupus erythematosus: a systematic review. *J Adv Nurs.* 2006; 56(6): 617-35.
14. Azimian M. Psychological and bodily in multiple sclerosis. *Rehabilitation J.* 1999; 3: 43-7.
15. Surakka J, Romberg A, Ruutiainen J, Aunola S, Virtanen A, Karppi SL. Effects of aerobic and strength exercise on motor fatigue in men and women with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2004; 18(7): 737-46.
16. Motl R, McAuley E, Snook EM, Gliottoni R. Physical activity and quality of life in multiple sclerosis: intermediary roles of disability, fatigue, mood, pain, self-efficacy and social support. *Psychol Health Med.* 2009; 14(1): 111-24.
17. Rowland LP. *Merritt's neurology.* 11th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2005.
18. Rampello A, Franceschini M, Piepoli M, Antenucci R, Lenti G, Olivieri D. Effect of Aerobic Training on Walking Capacity and Maximal Exercise Tolerance in Patients with Multiple Sclerosis: a Randomized Crossover Controlled Study. *Phys Ther.* 2007; 87(5): 545-55.
19. Benito-León J. Physical activity in multiple sclerosis: the missing prescription. *Neuroepidemiology.* 2011; 36: 192-3.
20. Kenedi RM, Paul JP, Hughes J. Disability: Proceedings of a seminar on rehabilitation of the disabled (Strathclyde bioengineering seminars). MacGregor J. *Rehabilitation ambulatory monitoring.* London: Palgrave Macmillan. 1979; p. 72-159.
21. Broekmans T, Roelants M, Feys P, Alders G, Gijbels D, Hanssen I. Effects of long-term resistance training and simultaneous electro- stimulation on muscle strength and function mobility in multiple sclerosis. *Mult Scler.* 2011; 17(4): 468-77.
22. Elizabeth HM, Dan MC, Lesley JW, Jennifer LMS, Szu-Yun L, Frank Z. Ratings of Perceived Exertion during Aerobic Exercise in Multiple Sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008; 89(8): 1570-4.
23. Robert W, Myla D, Ralph HB. Walking impairment in patients with multiple sclerosis: exercise training as a treatment option. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2010; 6(16): 767-74.

24. Snook EM, Motl RW. Effect of exercise training on walking mobility in multiple sclerosis a meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009; 23(2): 16-108.
25. Kileff J. Aerobic Exercise for People with Multiple Sclerosis. *2004;* 8(2): 6-7.
26. Kargarfard M, Etemadifar M, Asfarjani F, Mehrabi M, Kordavani L. Changes in quality of life and fatigue in women with multiple sclerosis after 8 weeks of aquatic exercise training. *Journal of Fundamentals of Mental Health.* 2010; 12(3): 62-735.
27. Nicole S, Clare M. The impact of regular physical activity on fatigue, depression and quality of life in persons with multiple sclerosis. *Health Qual Life Outcomes.* 2009; 7(68): 1-10.
28. White LJ, Dressendorfer RH. Exercise and multiple sclerosis. *Sports Med.* 2004; 34: 1077-100.
29. Petajan JH, Gappmaier E, White AT, Spencer MK, Mino L, Hicks RW. Impact of aerobic training on fitness and quality of life in multiple sclerosis. *Am Neurol.* 1996; 39(4): 241-3.
30. William A. Application of exercise principles to routine work & recreational activities in: diagnosis & prescription of exercise. *Protocol for the Chester Step Test.* 2011; (23): 240-4.
31. Dalgas U, Stenager E, Jakobsen J, Petersen T, Hansen HJ, Knudsen C. Resistance training improves muscle strength and functional capacity in multiple sclerosis. *Neurology.* 2009; 73: 1478-84.
32. Chung LH. Muscle weakness in persons with multiple sclerosis. PhD Thesis. University of Massachusetts. 2010.
33. Vanage, S. M. Gilbertson, KK. Mathiowitz V. Effects of an energy conservation course on fatigue impact for persons with progressive multiple sclerosis. *Am J Occup Ther.* 2003; 57: 315-23.
34. Yousefvand Z, Parnow A, Ahsan B, Fayazi B. Effect of 8-week resistance training on muscle strength and functional capacity in women with multiple sclerosis (MS). *Sabzevar Sport and Biomotor Sciences Journal.* 2013; 3(2): 71-82.
35. Savci S, Inal-Ince D, Arikan H, Guclu-Gunduz A, Cetisli-Korkmaz N, Armuthu K. Six-minute walk distance as a measure of functional exercise capacity in multiple sclerosis. *Disabil Rehabil.* 2005; 27(22): 1365-71.
36. Ozakbas S, Ormeci B, Idiman E. Utilization of the multiple sclerosis functional composite in follow-up: relationship to disease phenotype, disability and treatment strategies. *J Neurol Sci.* 2005; 232(1-2): 65-9.
37. Olgiati R, Burgunder JM, Mummenthaler M. Increased energy cost of walking in multiple sclerosis: effect of spasticity, ataxia, and weakness. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988; 69(10): 846-9.
38. Motl RW, Goldman M. Physical inactivity, neurological disability, and cardiorespiratory fitness in multiple sclerosis. *Acta Neurol Scand.* 2011; 123: 98-104.
39. Newman MA, Dawes H, van den Berg M, Wade DT, Burridge J, Izadi H. Can aerobic treadmill training reduce the effort of walking and fatigue in people with multiple sclerosis: a pilot study. *Mult Scler.* 2007; 13: 113-9.
40. Romberg A, Virtanen A, Ruutiainen J, Aunola S, Karppi SL, Vaara M. Effect of a 6-month exercise program on patient with multiple sclerosis. *Neurology.* 2004; 63(11): 2034-8.
41. Ahmadi A, Nikbakht M, Arastoo A, Habibi AH. The effects of a yoga intervention on balance, speed and endurance of walking, fatigue and quality of life in people with multiple sclerosis. *Journal of Human Kinetics.* 2010; 23: 71-8.
42. Fayazi B, Parnow A, Ahsan B, Yousefvand Z. The effect aerobic training on functional capacity and percent body fat in women with moderate multiple sclerosis (MS). *AMUJ.* 2013; 16(70): 87-97.
43. Heather A, Paul C. Effects of high-intensity resistance training on strength, mobility, balance, and fatigue in individuals with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *J Neurol Phys Ther.* 2011; 35: 2-10.
44. Giesser B, Beres-Jones J, Budovitch A, Herlihy E, Harkema S. Loco motor training using body weight support on a treadmill improves mobility in persons with multiple sclerosis. *Mult Scler.* 2008; 13(2): 31-224.
45. Giesser BS. Exercise and gait retraining in persons with multiple sclerosis. *US Neurol.* 2007; 2: 37-9.
46. Foglio K, Clini E, Vitacca M, Marangoni S, Bonomelli M, Ambrosino N. Respiratory muscle functions and exercise capacity in multiple sclerosis. *ERS Journals Ltd.* 1994; 7: 23-8.
47. Danielsson A. Studies on energy expenditure in walking after stroke. Gothenburg: Institute of Neuroscience and Physiology/Rehabilitation Medicine, University of Gothenburg. 2008; 1-47.
48. Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture.* 1999; 9(3): 207-31.