

## The Impact of Pilates and Yoga for Eight Weeks on Respiratory Gas Exchange Indices of Young Women at Anaerobic Threshold

Soheila Lameii Ramandi<sup>1</sup>, Parvaneh Nazarali<sup>2\*</sup>, Rostam Alizadeh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MSc, Department of Sports Science, Alzahra University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Associate Professor, Faculty of Sport Science, Alzahra University, Tehran, Iran.

<sup>3</sup> Assistant professor, Department of Sports Science, School of Literature and Humanities, Ilam University, Ilam, Iran.

Received: 28 February 2017 Accepted: 6 January 2018

### Abstract

**Background and Aim:** Today, Pilates and Yoga are particular popular among various groups of society. The aim of this study was to investigate the effect of eight weeks of Pilates and yoga training on the respiratory gas exchange indices of young women at anaerobic threshold moment.

**Methods:** In this semi-experimental study, 36 female volunteers were divided into control, Pilates and yoga groups, each including 12 subjects. The maximum consumed oxygen, anaerobic threshold and anthropometric characteristics of the subjects were measured before and after eight weeks. After the maximal test session, participants in the Pilates and yoga groups had exercise training for 8 weeks, 3 sessions in each week. Each session took 75 minutes until the eighth week and the intensity of activity gradually reached 70-85 percent of the maximum consumed oxygen. During the workout sessions, the control group did not exercise. The considered respiratory indices of the maximum test session were measured before and after eight weeks. Independent one-way ANOVA and dependent t-test were used for statistical analysis.

**Results:** The results showed that despite changes in respiration indices, changes in the consumed oxygen of the anaerobic threshold moment between the three groups, as well as changes before and after eight weeks of RER in the yoga group have been significant only ( $p > 0.05$ ); while changes in  $V_T$ ,  $V_E$ ,  $E_{QO_2}$ ,  $E_{QCO_2}$ ,  $P_{ET}O_2$ ,  $P_{ET}CO_2$  and  $V_E/V_{CO_2}$  were not significant at the intra- and inter-group levels ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The research results showed that eight weeks of yoga and Pilates activities resulted in positive but insignificant changes in some indicators on the cardiovascular system of active women, such that the volume of consumed oxygen, current volume and moment verge were increased on reaching anaerobic moment. This effect is higher in yoga than Pilates; while indicators related to the efficiency of respiratory system to meet the needs of activity time after regular Pilates practice are more affected.

---

**Keywords:** Yoga, Pilates, Anaerobic Threshold, Respiratory Parameters,  $VE/V_{CO_2}$  ratio

\*Corresponding author: Parvaneh Nazarali, Email: [p.nazarali@alzahra.ac.ir](mailto:p.nazarali@alzahra.ac.ir)

## تأثیر هشت هفته تمرین پیلاتس و یوگا بر شاخص‌های تبادل گازهای تنفسی زنان جوان در لحظه آستانه بی‌هوایی

سهیلا لامعی رامندی<sup>۱</sup>، پروانه نظرعلی<sup>۲\*</sup>، رستم علی زاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه الزهراء (س)، تهران، ایران.

<sup>۲</sup> دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء (س)، تهران، ایران.

<sup>۳</sup> استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

### چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه ورزش پیلاتس و یوگا از محبوبیت خاصی بین اقشار مختلف جامعه برخوردار است. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر هشت هفته تمرین پیلاتس و یوگا بر شاخص‌های تبادل گازهای تنفسی زنان جوان در لحظه آستانه بی‌هوایی بود.

**روش‌ها:** در این مطالعه نیمه تجربی ۳۶ زن داوطلبانه در سه گروه ۱۲ نفره کنترل، پیلاتس و یوگا تقسیم شدند. حداکثر اکسیژن مصرفی، آستانه بی‌هوایی و ویژگی‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها قبل و بعد از هشت هفته اندازه‌گیری شد. پس از جلسه آزمون پیشینه، آزمودنی‌های گروه‌های پیلاتس و یوگا به مدت ۸ هفته و هفته‌ای سه جلسه تمرین ورزشی مربوطه را انجام دادند. طول هر جلسه ۷۵ دقیقه بود که شدت فعالیت به تدریج تا هفته هشتم به ۷۰ الی ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب رسید. گروه کنترل طی دوره تمرین فعالیت ورزشی نداشتند. شاخص‌های تنفسی مورد نظر با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی و آزمون بروس روی تردمیل قبل و بعد از هشت هفته اندازه‌گیری شد. از آزمون آنوای یک راهه مستقل و تی-وابسته برای تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که با وجود تغییر شاخص‌های تنفسی فقط تغییرات اکسیژن مصرفی در لحظه رسیدن به آستانه بی‌هوایی بین سه گروه و نیز تغییرات قبل و بعد از هشت هفته RER در گروه یوگا معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ )، در حالی که تغییرات  $V_E$ ،  $V_T$ ،  $EQO_2$ ،  $VE/VCO_2$  و  $P_{ET}CO_2$ ،  $P_{ET}O_2$ ،  $EQCO_2$  نه در سطح بین گروهی و نه درون گروهی معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** نتایج تحقیق نشان داد که ۸ هفته فعالیت یوگا و پیلاتس باعث ایجاد تغییرات مثبت ولی غیرمعنی‌داری در برخی شاخص‌های سیستم قلبی تنفسی در زنان می‌شود به طوری که میزان اکسیژن مصرفی، حجم جاری و تهویه دقیقه‌ای در لحظه رسیدن به آستانه بی‌هوایی افزایش می‌یابند و میزان این تأثیر در یوگا نسبت به پیلاتس بیشتر است؛ در حالی که شاخص‌های مربوط به کارایی سیستم تنفسی برای تامین نیازهای زمان فعالیت بعد از تمرینات منظم پیلاتس بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

**کلیدواژه‌ها:** یوگا، پیلاتس، آستانه بی‌هوایی، شاخص‌های تنفسی، نسبت  $V_E/VCO_2$

\* نویسنده مسئول: پروانه نظرعلی. پست الکترونیک: [p.nazarali@alzahra.ac.ir](mailto:p.nazarali@alzahra.ac.ir)

## مقدمه

ورزش به عنوان محرکی برای شروع بخشی از سازگاری‌های قلبی تنفسی است که بر انتقال و مصرف اکسیژن سلولی (حداکثر اکسیژن مصرفی) تأثیرگذار است. تأثیر فعالیت بدنی بر افزایش ظرفیت عملکردی حیاتی (FVC) و کاهش ضربان قلب استراحت، ثابت شده است (۱). همچنین نشان داده شده است که ضربان قلب در دوره برگشت به حالت اولیه در زنان و مردان تمرین کرده، کمتر از آزمودنی‌های غیرفعال است، که نمایانگر سازش‌های بیشتر فیزیولوژیک حاصل از تمرین در افراد تمرین کرده نسبت به افراد غیرفعال است و ارتباط نزدیکی با تهویه ریوی دارد. اکثر محققان ورزشی بر این باورند که فعالیت‌های استقامتی ظرفیت انتقال اکسیژن به عضلات درگیر و انتشار آن به میتوکندری سلول عضلانی برای تولید انرژی و ایجاد نیروی انقباضی را بالا می‌برد که همه موارد تحت تأثیر پیام‌های دستگاه عصب مرکزی است (۲). در این میان فعالیت‌هایی که بتوانند هم‌زمان بر وضعیت جسمانی و روانی فرد تأثیر گذاشته و سازگاری‌هایی را ایجاد کنند به نظر می‌رسد بیشتر مورد توجه باشند.

در همین راستا ورزش پیلاتس و یوگا از محبوبیت خاصی بین اقشار مختلف جامعه برخوردار است. پیلاتس از مجموعه تمرینات ورزشی تخصصی، تشکیل شده است که از سه اصل قدرت، تعادل و انعطاف استفاده کرده و به ایجاد هماهنگی کامل بین جسم، ذهن و روح می‌پردازد (۳). این تمرینات بدن و ذهن را به گونه‌ای درگیر می‌کند که قدرت و استقامت تمام اعضای بدن بالا رفته و عمیق ترین عضلات بدن را مورد هدف قرار می‌دهد. همچنین حرکات پیلاتس عضلات و مفاصلی را مورد هدف قرار می‌دهد که در فعالیت‌های روزانه مانند نشستن، راه رفتن، حمل کردن باخم و راست شدن، درگیر هستند (۴). از دیگر روش‌های تمرینی، ورزش یوگا هست که امروزه طرفداران بسیاری از تمامی اقشار جامعه را به خود اختصاص داده است. علت گرایش اکثر این افراد به یوگا قدرت و خاصیت آرامش بخشی و تنش‌زدایی تمرین‌های آن است (۵). سودمندی تمرینات یوگا طی قرن‌ها اثبات شده است. در واقع افراد در سنین مختلف می‌توانند یوگا کار کنند. حتی افراد مبتلا به بیماری‌های مختلف نیز می‌توانند یوگا را انجام دهند (۶).

محققان تمرینات پیلاتس یا یوگا را با اهداف مختلفی از جمله کاهش استرس و اضطراب، بهبود و تقویت سیستم عصبی عضلانی، تقویت و کنترل سیستم تنفسی، تسکین دردهای مفصلی را در تحقیقات خود مورد بررسی قرار داده‌اند و نتایج مختلفی را گزارش کرده‌اند. بر همین اساس برخی محققان مطرح می‌کنند که تکنیک‌های یوگا باعث کاهش هیجان‌ناات روحی شده و میزان فعالیت سیستم پاراسمپاتیکی را کم می‌کند. این عامل باعث گشادشدن برونش‌ها و کاهش حساسیت در آن‌ها شده و نهایت باعث افزایش ظرفیت‌های ریوی می‌شود (۷). سانکاری و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که هاتا یوگا باعث افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی

و کاهش خطا در گزارش درک از تلاش می‌شود (۸). محققان بهبود در برخی از ظرفیت‌های ریوی را بدین گونه توجیه کرده‌اند که انجام تمرینات مداوم و منظم یوگا باعث کشش در عضلات شده و این عامل باعث می‌شود که انقباض و انبساط در ریه‌ها تا حداکثر امکان انجام شود (۹). پر شدن ریه‌ها از هوا به میزان نزدیک به حداکثر در تمرینات یوگا، خود، مهم‌ترین عامل تحریک ترشح سورفاکتانت می‌باشد. در نتیجه میزان پروستوگلاندینها در فضای آلوئولی افزایش پیدا می‌کند، که باعث کاهش تون عضلات صاف برونش‌ها و افزایش کارایی ریه می‌شود. علاوه بر این تمرینات یوگا، با افزایش مقاومت عضلات تنفسی در برابر خستگی، کارایی آن را افزایش می‌دهد (۷). از طرفی دیگر تمرینات پیلاتس به دلیل تأثیر بر سیستم قلبی-عروقی موجب بهبود شاخص‌های عملکرد ریوی می‌شود (۱۰). Giacomini و همکاران گزارش کردند که ورزش پیلاتس موجب هایپرتروفی عضلات شکمی می‌شود. همچنین با تقویت عضلات تنفسی، قدرت و عملکرد آن‌ها را افزایش می‌دهد (۱۰). گزارش شده است که پس از ۶ هفته تمرین ایروبیکی و پیلاتس تغییر معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های تنفسی اندازه‌گیری شده ایجاد نشد (۱۱). در مقایسه پیلاتس و رژیم کم‌کالری نیز تفاوت معنی‌داری در مورد عوامل خطرزای قلبی-عروقی گزارش نشد، اما لپتین و نسبت دور کمر به باسن در گروه تمرین هوازی بیشتر از پیلاتس کاهش یافت (۱۱). بر اساس تحقیقات ارائه شده نتایج ضد و نقیضی در زمینه اثرگذاری یوگا و پیلاتس بر شاخص‌های مختلف از جمله شاخص‌های مرتبط با تنفس وجود دارد. از طرفی با توجه به شباهت ظاهر این دو نوع ورزش ولی تفاوت‌های اساسی آن‌ها در نوع و ریتم تنفس و میزان تأکید آن‌ها بر عضلات به‌ویژه عضلات تنفسی انتظار می‌رود اثرات فیزیولوژیک متفاوتی را بر بدن ایجاد کنند. از آنجایی که تاکنون تحقیقی به مقایسه میزان و نوع تأثیر این دو ورزش نپرداخته است لذا تحقیق حاضر طراحی شد تا ضمن مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات منظم پیلاتس و یوگا بر شاخص‌های تبادل گاز تنفسی زنان جوان در لحظه آستانه بی‌هوازی، میزان اثر گذاری احتمالی این فاکتورها را مورد بررسی قرار دهد.

## روش‌ها

در این مطالعه نیمه تجربی آزمودنی‌ها (دانشجویان) از طریق فراخوان و اطلاعیه به آزمایشگاه دانشکده علوم ورزشی دانشگاه الزهراء (س) در بهار ۱۳۹۵ مراجعه و به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند.

تعداد نمونه‌های تحقیق حاضر (۳۶ نفر) با استفاده واریانس موزون تحقیقات قلبی و فرمول کوکران برآورد شد.

آزمودنی‌ها هیچ گونه سابقه‌ی بیماری از جمله بیماری‌های قلبی-عروقی، ریوی، آلرژی، فشارخون، دیابت و... نداشتند، هیچ کدام سیگاری نبودند و نیز در حین تحقیق هیچ گونه دارو و یا

افزوده شد.

از ابتدای جلسه تمرینی تا جلسه ششم، آزمودنی ها پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن تمرینات مربوط به آمادگی عضلات و مفاصل، تنفس را انجام دادند و در ۵۵ دقیقه اصلی از حرکات کششی اولیه، مانند پای پوینت و فلکس پل سرشانه، پل سرشانه تک پا، کشش های تک و جفت پا، بلند کردن پا از روبرو با زانوی خم و حرکات قدرتی اولیه مانند صد و رول آپ و حرکات تعادلی مانند دایره تک پا، چرخش پنجه، کشش ستون فقرات با ۵۵ تا ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب، استفاده و سپس ۱۰ دقیقه سرد کردن اجرا شد.

در جلسات ۷ الی ۱۵، همانند حرکات جلسات قبل اما با شدت بیشتر انجام شد و بعد از ۱۰ دقیقه تمرینات مربوط به آمادگی عضلات و مفاصل برای گرم کردن از فاکتورهای اصلی پیلاتس استفاده شد و در ۵۵ دقیقه اصلی تمرین از حرکات کششی متوسط مانند حرکات کششی قبلی با شدت بیشتر بعلاوه حرکات پیچ و کشش ستون فقرات و همچنین حرکات قدرتی متوسط مانند حرکت اره، متقاطع و شنا و نیز از حرکات تعادلی متوسط مانند کبرا، ستاره نیمه و کامل با ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب، استفاده شد و سپس ۱۰ دقیقه سرد کردن با حرکات سبک اجرا شد.

در جلسات ۱۶ الی ۲۴، مانند جلسات قبل گرم کردن با کمک تمرینات آمادگی عضلات و مفاصل و رعایت تنفس به مدت ۱۰ دقیقه اجرا شد. در ۵۵ دقیقه اصلی تمرین از حرکات کششی پیشرفته مانند حرکت دارت، دارت با چرخش و برای حرکات قدرتی پیشرفته از حرکات پوش آپ و برای حرکات تعادلی پیشرفته از تعادل یک پا، بومرنگ، تیزر و بالانس کنترل با ۷۵ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب (که توسط ضربان سنج پولار کنترل می شد)، استفاده شد و پس از آن ۱۰ دقیقه سرد کردن اجرا شد.

#### برنامه تمرینی گروه یوگا

برنامه تمرینی گروه یوگا توسط مدرس رسمی فدراسیون و بر اساس مطالعه مقالات قبلی اجرا شد (۶،۷). برنامه تمرینی گروه یوگا شامل ۸ هفته تمرینات یوگا بود که هفته ای ۳ جلسه به مدت ۷۵ دقیقه اجرا شد. تمرینات شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۱۰ دقیقه سرد کردن و ۵۵ دقیقه تمرین اصلی بود. در جلسات تمرینات تنفسی انجام شد که در مرحله اول آگاهی دادن به دم و بازدم بود و سپس تنفس شکمی و سینه ای آموزش و انجام داده شد. در ۱۰ دقیقه اول تمرین، از حرکات "شاواسانا"، حرکات پاوان، چرخش مفاصل و حرکت انگشتان، مچ پا و دست و مفصل ران و بازو جهت گرم کردن استفاده شد. در ۵۵ دقیقه اصلی تمرین از حرکات آماده سازی آساناهای اصلی یوگا و پاوان با ۵۵ تا ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب، استفاده شد. و در ۱۰ دقیقه پایانی تمرین از حرکات شاواسانا و ریلکسیشن استفاده شد که تمامی این تمرینات از جلسه اول تا جلسه ششم به همین منوال انجام شد. در جلسات ۷ الی ۱۵، همانند جلسات قبلی از حرکات شاواسانا برای ۱۰ دقیقه ابتدایی تمرین جهت گرم کردن استفاده شد و در ۵۵ دقیقه اصلی تمرین

مکملی مصرف نکردند. از کلیه آزمودنی ها درخواست شد که ۴۸ ساعت قبل از نمونه گیری فعالیت ورزشی شدید نداشته باشند. همچنین در طول دوره تحقیق آزمودنی ها مجاز بودند به صورت داوطلبانه از تحقیق خارج شوند و یا در صورتی که آزمودنی دچار آسیب دیدگی، ناتوانی در ادامه برنامه ورزشی، غیبت بیش از ۲ جلسه متوالی یا ۴ جلسه در مجموع از تحقیق خارج می شدند.

به منظور انجام تحقیق از افراد مورد مطالعه درخواست شد تا قبل از اجرای آزمون، الگوهای خواب طبیعی (حداقل ۸ ساعت خواب) و رژیم غذایی (۴ ساعت ناشتا قبل از آزمون) در طول تحقیق را رعایت کنند و از هرگونه فعالیت بدنی شدید، مصرف مکمل های غذایی و مصرف دارو خودداری نمایند. وزن با ترازوی کفه ای (Sport medicine ganshorn company) ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم با شرایط کمترین مقدار لباس، بدون کفش، ایستاده در وسط ترازو و بدون کمک، اندازه گیری گردید. قد افراد به وسیله قد سنج با دقت ۰/۱ سانتی متر با شرایط بدون کفش، قرار گرفتن دستها در کنار بدن، چشمها و صورت روبه جلو، تماس ستون فقرات و پشت پاشنه های پا با سطح قد سنج اندازه گیری شد. از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (Metalyzer 3B-Cortex) برای تعیین  $VO_2 \max$  و همچنین تعیین آستانه بی هوازی بر روی تردمیل با آزمون بروس اصلاح شده استفاده شد. در طول اجرای آزمون گازهای تنفسی، وضعیت الکتروکاردیوگرافی (ECG ۱۲ کاناله)، ضربان قلب (ضربان سنج پولار) و شاخص درک از تلاش (مقیاس بورگ ۱۰ تایی) آزمودنی ها کنترل و ثبت گردید. برای اطمینان از رسیدن آزمودنی ها به حداکثر اکسیژن مصرفی حداقل دو مورد از شرایط زیر در نظر گرفته شد: (۱) نمودار اکسیژن مصرفی باوجود افزایش میزان بار به حالت یکنواختی برسد و افزایش نیابد، (۲) نسبت تبادل تنفسی (R) معادل ۱/۱۵، (۳) ضربان قلب معادل ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه و (۴) اعلام واماندگی از سوی آزمودنی با توجه به شاخص ۱۰ نقطه ای درک از تلاش. بعد از سپری شدن هشت هفته و گذشت ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، مجدداً اندازه گیری ها تکرار شد. براساس اطلاعات به دست آمده، لحظه رسیدن به آستانه بی هوازی بر اساس گزارش دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی در افراد تعیین و شاخص های تنفسی مورد نظر قبل و بعد از هشت هفته دوره تحقیق ثبت و مقایسه شدند.

#### برنامه تمرینی گروه پیلاتس

برنامه تمرینی گروه پیلاتس توسط مدرس رسمی فدراسیون و بر اساس مطالعه مقالات قبلی اجرا شد (۲۱، ۱۰). برنامه تمرینی گروه پیلاتس شامل ۸ هفته (۳ جلسه در هفته) بود که هر جلسه ۷۵ دقیقه انجام می دادند. در مرحله اول تمرینی انجام تمرینات تنفسی سینه ای آموزش داده شد و تمام جلسات تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۱۰ دقیقه سرد کردن و ۵۵ دقیقه تمرین اصلی بود که بعد از هر ۵ جلسه تمرین به صورت پیشرونده بر شدت آن ها

فاکتور  $VO_2$  بین سه گروه تفاوت معنی دار وجود دارد، نتایج آزمون تعقیبی حاکی از تفاوت معنی دار بین گروه یوگا و کنترل بود. همچنین در مرحله حداکثر بین سه گروه تفاوت معنی دار وجود داشت، نتایج آزمون تعقیبی حاکی از تفاوت معنی دار بین گروه یوگا و کنترل بود. همچنین بین پیش آزمون و پس آزمون  $VO_2$  آزمودنی ها گروه یوگا تفاوت معنی دار وجود داشت ( $p = 0/014$ ) اما در گروه پیلاتس و کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نگردید ( $p = 0/063$ ).

با توجه به جدول ۲ - نتایج نشان داد که در مرحله آستانه بی هوازی در فاکتورهای نسبت تبادل تنفسی (RER)، حجم جاری (VT)، تهویه دقیقه ای (VE)، معادل تهویه ای اکسیژن ( $EQO_2$ )، معادل تهویه ای دی اکسید کربن ( $ECO_2$ )، فشار اکسیژن در هوای بازدمی ( $PETO_2$ )، فشار دی اکسید کربن در هوای بازدمی ( $PETCO_2$ ) و کارایی تنفسی ( $VE/VCO_2$ ) بین سه گروه تفاوت معنی دار وجود ندارد.

## بحث

متغیر مهم که در این تحقیق اندازه گیری شد حداکثر اکسیژن اوج یا  $VO_2\text{peak}$  بود که شاخص اصلی آمادگی قلبی تنفسی می باشد. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد که در هر دو گروه تجربی (پیلاتس و یوگا) افزایشی را در هم مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی و هم اکسیژن مصرفی لحظه رسیدن به آستانه بی هوازی تجربه کرده اند در حالی که این مقادیر در گروه کنترل تغییری نداشت. بررسی نتایج نشان داد که تغییرات قبل و بعد هشت هفته در گروه تمرین یوگا و نیز میزان تغییرات این گروه با گروه کنترل از نظر آماری معنی دار بود. Gildenhuis و همکاران (۲۰۱۳) نیز هشت هفته تمرین پیلاتس را بر بهبود  $Vo_2\text{max}$  در افراد سالمند موثر ندانستند (۱۲). در زمینه اثر بخشی یوگا بر ظرفیت هوازی نتایج متناقضی گزارش شده است به طوری که Clay و همکاران مصرف انرژی در یوگا را پایین تر از حد مورد نیاز برای بهبود ظرفیت قلبی عروقی دانسته است (۱۳) در حالی که محققان دیگر (۱۴، ۱۵) افزایش ظرفیت هوازی را تا ۱۱ درصد و حتی کاهش ضربان قلب و فشار خون را نیز گزارش کرده اند. در تحقیق حاضر نیز در گروه یوگا اکسیژن مصرفی لحظه رسیدن به آستانه بی هوازی  $11/2$  درصد افزایش داشت در حالی که در گروه پیلاتس این شاخص بعد از ۸ هفته این افزایش حدود ۵ درصد بود.

از سیکل تمرینی سلام بر خورشید که ترکیبی از چندین حرکت یوگاست با تکرارهای متوالی و با شدت ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب، استفاده شد و ۱۰ دقیقه پایانی نیز به سرد کردن و ریلکسیشن اختصاص داشت. در جلسات تمرینی ۱۶ الی ۲۴ تمرین همانند جلسات قبل ۱۰ دقیقه اول مختص به گرم کردن و ۱۰ دقیقه پایانی مختص سرد کردن بوده و در ۵۵ دقیقه اصلی تمرین از سیکل سلام بر خورشید و حرکات اصلی یوگا مثل حرکات تعادلی درخت، عقاب، خم به جلو با پای باز، شتر و تریکون (مثلث ساده)، تریکون ۹۰ درجه، قایق (که جز حرکات قدرتی می باشد) و حرکات معکوس در جلسات آخر و مکملش حرکات ماتسی (ماهی) و تبدلی این حرکات به صورت قدرتی و افزایش در ضربان قلب تا ۷۵ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب (با استفاده از ضربان سنج پولار کنترل می شد)، استفاده شد.

اما آزمودنی های گروه کنترل در این مدت ۸ هفته زندگی عادی خود را دنبال کردند. آزمونگر به صورت منظم هفته ای یک الی دوبار از وضعیت آنان با خبر می شد و تغییرات احتمالی در برنامه زندگی شامل ابتلا به بیماری خاص یا تغییر در روند زندگی را جویا شده و به ثبت می رساند. در پایان ۸ هفته از گروه کنترل نیز درخواست شد که برای آزمون نهایی مجدد به آزمایشگاه بیایند.

**تجزیه و تحلیل آماری داده ها:** ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نحوه توزیع داده ها بررسی شد سپس از آزمون آماری آنوای یک راه مستقل برای بیان تفاوت های بین گروهی استفاده شد. جهت تعیین محل معنی داری از آزمون تعقیبی یونفرونی استفاده شد. از آزمون t وابسته نیز جهت بیان تفاوت های درون گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و در سطح آلفای کوچکتر و برابر ۰/۰۵ انجام گردید.

**ملاحظات اخلاقی:** در این مطالعه توضیح اهداف و فرایند پژوهش به آزمودنی ها، داوطلبانه بودن شرکت در مطالعه، اخذ رضایتنامه کتبی و آگاهانه از همه افراد، محرمانه ماندن اطلاعات از موازین اخلاقی رعایت شده است.

## نتایج

میانگین و انحراف استاندارد مربوط به ویژگی های عمومی آزمودنی ها در جدول ۱- ارائه شده است. با توجه به جدول ۲- نتایج نشان داد که در مرحله آستانه بی هوازی (طبق گزارش دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی) در

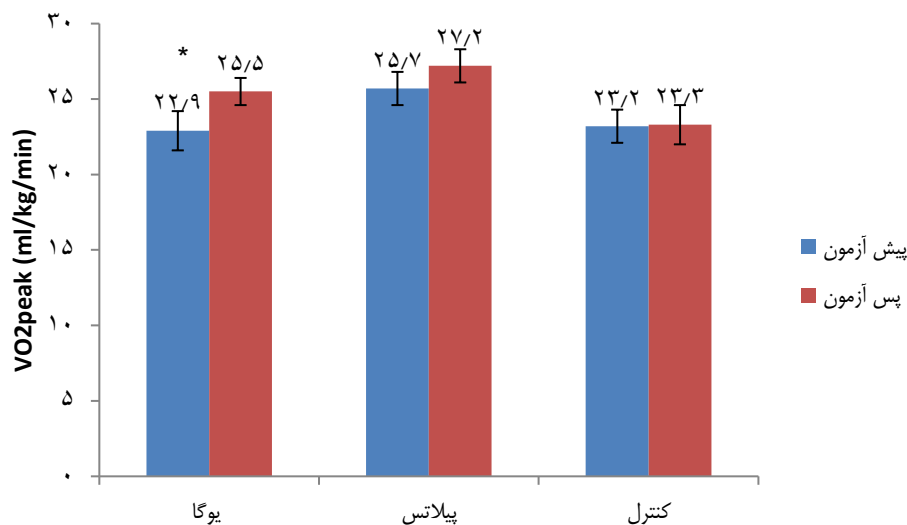
جدول-۱. مقادیر میانگین، انحراف استاندارد سن، قد، وزن و BMI آزمودنی ها

شاخص	یوگا	پیلاتس	کنترل	P	F
سن (سال)	۲۱/۶۶ ± ۰/۸۶	۲۱/۸۵ ± ۰/۶۹	۲۱/۶۲ ± ۰/۷۴	۰/۸۳	۰/۱۸
قد (سانتی متر)	۱۶۴ ± ۹/۶۱	۱۶۰ ± ۷/۱۴	۱۶۰ ± ۵/۵۵	۰/۵۲	۰/۶۶
وزن (کیلو گرم)	۶۵/۱۱ ± ۸/۲۶	۵۶/۴۲ ± ۸/۵۴	۵۹/۲۵ ± ۸/۷۷	۰/۱۳	۲/۲
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	۲۳/۸۰ ± ۲/۱۸	۲۱/۹۵ ± ۲/۴۷	۲۲/۶۸ ± ۲/۶۱	۰/۳۲	۱/۱۸

جدول-۲. نتایج آزمون تی زوجی برای بررسی اثر بخشی شش هفته تمرین بر متغیرهای تحقیق و نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه برای مقایسه سه گروه

متغیر	گروه	تفاوت پیش آزمون و پس آزمون		تحلیل واریانس		تی زوجی	
		مقدار P	مقدار F	مقدار T	p		
VO <sub>2</sub> max	یوگا	۲/۵۵±۲/۴۶	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۳/۸۵	۳/۱۱	۰/۰۱۴		
	پیلاتس	۱/۵±۱/۷۴					
	کنترل	-۰/۱۱±۰/۵۲					
RER	یوگا	۰/۰۰۴۴±۰/۰۰۵۲	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۱/۴	۲/۵۳	۰/۰۳۵		
	پیلاتس	۰/۰۰۲۸±۰/۰۱۱					
	کنترل	-۰/۰۰۱۵±۰/۰۰۵					
VT	یوگا	۰/۰۸۴±۰/۱۶	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۱/۳۲	۱/۴۷	۰/۱۵		
	پیلاتس	۰/۰۴۸±۰/۰۸۷					
	کنترل	-۰/۰۰۱۲±۰/۰۱۱					
VE	یوگا	۹۵/۸۸±۷۷/۰۸	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۲/۶	۳/۷۲	۰/۰۰۶		
	پیلاتس	۳۹/۰۰±۷۲/۱۷					
	کنترل	۰/۷±۸/۹۷					
EQO <sub>2</sub>	یوگا	۰/۷۷۷±۰/۸۳	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۱/۷۱	۲/۸	۰/۰۲۳		
	پیلاتس	۰/۸۵۷±۳/۰۷					
	کنترل	۰/۰۱۲±۰/۵۸					
EQCO <sub>2</sub>	یوگا	۱/۰۰±۰/۷	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۳/۱۹	۴/۲۴	۰/۰۰۳		
	پیلاتس	۱/۰۰±۲/۷					
	کنترل	۰/۰۰۰۱±۰/۷۵					
PETO <sub>2</sub>	یوگا	۰/۴۲±۳/۹۶	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۰/۱۷	۰/۴۵	۰/۱۶۷		
	پیلاتس	۰/۳۸±۲/۲۷					
	کنترل	۰/۵±۰/۵۴					
PETCO <sub>2</sub>	یوگا	۰/۲۳±۴/۳۰	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۰/۱۳	۰/۶۲	۰/۱۵۵		
	پیلاتس	۰/۵±۲/۱۲					
	کنترل	-۰/۱۹±۰/۵۶					
VE/ VCO <sub>2</sub>	یوگا	۰/۱۸±۲/۵۶	(F <sub>T, ۳۳</sub> )=۱/۹۳	۱/۵۶	۰/۱۸۴		
	پیلاتس	۲/۰۷±۳/۴۹					
	کنترل	-۰/۰۲۷±۰/۵۷					

نسبت تبادل تنفسی (RER)، حجم جاری (VT)، تهویه دقیقه ای (VE)، معادل تهویه ای اکسیژن (EQO<sub>2</sub>)، معادل تهویه ای دی اکسید کربن (ECO<sub>2</sub>)، فشار اکسیژن در هوای بازدمی (PETO<sub>2</sub>)، فشار دی اکسید کربن در هوای بازدمی (PETCO<sub>2</sub>) و کارایی تنفسی (VE/VCO<sub>2</sub>)



نمودار-۱. تغییرات VO<sub>2</sub>peak آزمودنی ها در پیش آزمون و پس آزمون. علامت \* نشان دهنده اختلاف معنادار نسبت به پیش آزمون می باشد (p=۰/۰۳۸)

آماری معنی دار نبودند اما مشابهت نتایج حجم جاری و تهویه دقیقه ای در این تحقیق را می توان به ماهیت این شاخص ها نسبت داد به طوری که مقادیر  $V_T$  در تعیین  $V_E$  موثر می باشد. هر چند کاهش تعداد تنفس یا  $f_b$  در تحقیق حاضر گزارش نشد ولی با توجه به تحقیقات پیشین و نیز گزارش خود آزمودنی ها از یک طرف و نیز ماهیت این تمرینات که تمرکز زیادی بر تعداد و نحوه تنفس دارد، می توان نتیجه گرفت تعداد تنفس برای حجم مشابهی از تهویه دقیقه ای کاش یافته است. بنابراین می توان افزایش  $V_T$  را عامل اصلی افزایش  $V_E$  در زمان رسیدن به آستانه بی هواری در نظر گرفت. در همین راستا احتمالاً می توان افزایش دامنه فعالیت و نیز قدرت عضله دیافراگم در تمرینات یوگا و تقویت قدرت عضلات تنفسی در تمرینات پیلاتس را مسئول بخشی از این تغییرات دانست.

معادل تهویه ای اکسیژن ( $E_{QO_2}$ )، دی اکسید کربن ( $E_{CO_2}$ ) و شیب  $V-V_{CO_2}$  نیز در تحقیق حاضر اندازه گیری شد. نتایج حاکی از وجود الگویی کاملاً مشابه در نحوه تغییرات بعد از هشت هفته فعالیت بود که از نکات قابل تامل در این تحقیق می باشد؛ این شاخص ها که نشان دهنده وضعیت کارایی تنفسی می باشند در اثر تمرینات منظم یوگا افزایش و در اثر تمرینات پیلاتس کاهش یافتند. Sinha و همکاران نشان دادند که معادل تهویه ای اکسیژن و دی اکسید کربن در افرادی که تمرینات یوگا را انجام می دادند در مقایسه با دوچرخه سواران پایین تر می باشد (۱۹) در تحقیق دیگری Sinha و همکاران ضمن مشاهده کاهش این فاکتورها به وسیله یوگا، نشان داد که این اثرات مطلوب بعد از ۳ ماه تمرین شروع می شود (۲۰). Fernández و همکاران نیز کاهش این شاخص ها را از نتایج مطلوب سازگاری قلبی تنفسی در اثر تمرینات پیلاتس دانستند (۲۱). البته ذکر این نکته مهم است که تحقیقات در ارتباط با شاخص های مذکور در یوگا بسیار بیشتر از پیلاتس بود. این شاخص ها به ویژه شیب  $V-V_{CO_2}$  تحت تأثیر فشار نسبی  $CO_2$  ( $P_{aCO_2}$ ) و فضای مرده فیزیولوژیکی قرار می گیرد به طوری که افزایش فضای مرده فیزیولوژیکی و کاهش  $P_{aCO_2}$  باعث افزایش شیب  $V-V_{CO_2}$  می شود. ریتم تنفسی معمول بدن در حالت فشار متوسط به حالت دم از بینی و بازدم از دهان تغییر می کند ولی در یوگا با تلاش برای کنترل تنفس، تأکید بر ریتم دم و بازدم از بینی و فشار زیاد بر دیافراگم (اصطلاحاً تنفس شکمی) می شود که احتمالاً به دلیل آگاهانه بود این عمل نیاز به صرف انرژی و تهویه بیشتری دارد که نتیجه نهایی آن کاهش کارایی تنفس است که البته در پیلاتس ضمن حفظ حالت طبیعی تنفس، بر تقویت عضلانی کل بدن به ویژه عضلات تنفسی تأکید بیشتری می شود که بهبود کارایی تنفسی را به دنبال دارد که در تحقیق حاضر مشاهده شد ولی تغییرات مذکور در هیچ کدام از گروه ها از نظر آماری معنی دار نبود. احتمالاً علاوه بر بالا بودن سطح

این افزایش نشان دهنده تأثیر فعالیت های انجام شده بر بهبود وضعیت قلبی تنفسی و افزایش ظرفیت تحمل خستگی آزمودنی ها می باشد که در این میان یوگا اثر مطلوب تری داشته است. میزان اکسیژن مصرفی تحت تأثیر برون ده قلبی و تفاوت اکسیژن سرخرگی-سیاهرگی می باشد. تحقیقات قلبی در زمینه یوگا و پیلاتس، اثر این تمرینات بر تقویت سیستم پاراسمپاتیک و در نتیجه کاهش ضربان قلب را نشان داده اند که احتمالاً در نتایج حاضر نیز تأثیرگذار بوده باشد. اگرچه اکسیژن مصرفی ارتباط زیادی با سطح اولیه آمادگی جسمانی افراد دارد بر همین اساس احتمالاً بالا بودن نسبی سطح ابتدایی حداکثر اکسیژن مصرفی افراد در میزان پاسخگویی این فاکتور به نوع تمرینات انجام شده نیز موثر بوده باشد.

بررسی نتایج به دست آمده از مقادیر نسبت تبادل تنفسی (RER) نشان داد که الگوی تغییرات در این فاکتور هم راستا با نتایج حداکثر اکسیژن مصرفی می باشد به طوری که کاهش RER در لجزه آستانه بی هواری در گروه تمرین یوگا بعد از هشت هفته تمرین منظم معنی دار می باشد ولی در گروه های دیگر و نیز تفاوت های بین گروهی معنی دار نمی باشد. نسبت تبادل تنفسی شاخص خوبی برای نوع سوبسترای غالب در زمان ثبت نتایج است و بر همین اساس کاهش این نسبت می تواند به نوعی نشان دهنده افزایش ظرفیت بدن برای استفاده از سوخت چربی ها و یا عبارتی دیگر کاهش نسبی تأکید بر سوخت کربوهیدرات باشد. البته این نتایج با یافته های Sovová و همکاران که افزایش RER را بعد از یک دوره تمرینات یوگا به ویژه در زنان را گزارش کرده بودند ناهمسو می باشد (۱۶). نکته مورد توجه در مورد نسبت تبادل تنفسی تأثیرگذاری وضعیت دما و هوای محل انجام آزمون، کیفیت دستگاه اندازه گیری گازهای تنفسی، سطح آمادگی جسمانی و نیز نوع ترکیبات وعده غذایی قبل از آزمون وامانده ساز و در نهایت فاصله زمانی صرف غذا تا انجام آزمون بر نتایج تأثیرگذار می باشد. در تحقیق حاضر تلاش شد تا با کنترل این موارد از میزان تأثیرگذاری این شرایط کاسته شود.

تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از شاخص های به دست آمده در زمان آستانه بی هواری نشان داد که تغییرات مشاهده شده در مقادیر حجم جاری ( $V_T$ ) و تهویه دقیقه ای ( $V_E$ ) دارای الگوی مشابهی می باشند. بر همین اساس مقادیر حجم جاری و تهویه دقیقه ای در هر دو گروه تجربی یعنی پیلاتس و یوگا بعد از هشت هفته افزایش را نشان داد در حالی که در گروه کنترل تغییری مشاهده نشد. همچنین در هر دو فاکتور، آزمودنی هایی که فعالیت منظم یوگا را انجام داده بودند تغییر بیشتری را تجربه کرده بودند. محققان زیادی افزایش فاکتورهای تنفسی از جمله حجم جاری و تهویه دقیقه ای در فعالیت فزاینده بعد از تمرینات پیلاتس و یوگا (۱۷ و ۱۸ و ۶) را گزارش کرده اند که هم راستا با افزایش مشاهده شده در تحقیق حاضر می باشد. اگر چه تغییرات مشاهده شده از نظر

مطالعه ورزشی که فاکتورهای مذکور را اندازه‌گیری کرده باشد یافت نشد و از آن‌ها بیشتر با هدف کنترل فعالیت استفاده کرده اند (۶) و شاید بتوان تحقیق حاضر را اولین پژوهشی دانست که به مقایسه این فاکتورها در ورزش‌هایی که ذهن و جسم را تقویت می‌کنند پرداخته است.

### نتیجه‌گیری

در کل نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته فعالیت یوگا و پیلاتس باعث ایجاد تغییرات مثبتی در برخی شاخص‌های سیستم قلبی تنفسی در زنان می‌شود به طوری که میزان اکسیژن مصرفی، حجم جاری و تهویه دقیقه‌ای در لحظه رسیدن به آستانه بی‌هوای افزایش می‌یابند و میزان این تأثیر در یوگا نسبت به پیلاتس بیشتر است؛ در حالی که شاخص‌های مربوط به کارایی سیستم تنفسی برای تامین نیازهای زمان فعالیت بعد از تمرینات منظم پیلاتس بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. در فاکتورهایی که نشان دهنده تعامل بین سیستم قلبی عروقی و تنفسی بود با وجود برتری نسبی پیلاتس، نتیجه مشخص به دست نیامد. در همه فاکتورهای اندازه‌گیری شده غیر از اکسیژن مصرفی تغییرات مشاهده شده معنی‌دار نبود که احتمالاً سطح پایه آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها، کم بودن طول دوره تمرین و همچنین حجم پایین یک جلسه فعالیت در این پاسخ‌ها موثر بوده باشند.

**تشکر و قدردانی:** نویسندگان بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از آزمودنی‌های این تحقیق که با اشتیاق و به صورت داوطلب شرکت نمودند اعلام می‌دارند.

**تضاد منافع:** بدینوسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

### منابع

1. Bailey DM, Davies B. Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *British journal of sports medicine*. 1997;31(3):183-90.
2. Vahedian-Azimi A, Miller AC, Hajjesmaeli M, Kangasniemi M, Alhani F, Jelvehmoghaddam H, et al. Cardiac rehabilitation using the Family-Centered Empowerment Model versus home-based cardiac rehabilitation in patients with myocardial infarction: a randomised controlled trial. *Open heart*. 2016;3(1):e000349.
3. Amirsasan R, Dolgarisharaf R. Pilates Training Preventive Effects of Metabolic Syndrome in Sedentary Overweight Females.
4. Afzalpour M, BANI AS, Ilbeigi S. The comparison of influence of pilates and aerobic exercises on respiratory parameters in overweight girl students. 2012.
5. Abel AN, Lloyd LK, Williams JS. The effects of

اولیه آمادگی جسمانی، طول دوره تمرینی و شدت فعالیت در جلسه تمرین برای ایجاد رسیدن به تغییرات معنی‌دار کافی نبوده است. آخرین فاکتورهایی که در این تحقیق اندازه‌گیری شد فشار اکسیژن و دی‌اکسید کربن در هوای بازدمی ( $P_{ET}O_2$ ) و  $P_{ET}CO_2$  بود. نتایج این دو فاکتور برعکس همدیگر بود به صورتی بعد از هشت هفته یوگا  $P_{ET}O_2$  افزایش و  $P_{ET}CO_2$  کاهش یافت ولی در پیلاتس دقیقاً برعکس چنین پاسخی مشاهده شد. مجدداً هیچ کدام از تغییرات درون گروهی و برون گروهی مشاهده شده از نظر آماری معنی‌دار نبود. Matsumoto و همکاران در تحقیق بر روی بیماران دارای نارسایی قلبی کاهش  $P_{ET}CO_2$  آنان را هم در حالت استراحت و هم در پاسخ به فعالیت فزاینده، گزارش کردند (۲۲). محققان  $P_{ET}CO_2$  را به‌عنوان شاخص معتبر و غیر تهاجمی برای برون ده قلبی معرفی کرده اند به طوری که تغییرات آن ارتباط بالایی با تغییرات برون ده قلبی در حالت بیماری (مانند نارسایی قلب و آمبولی ریوی خفته) یا فعالیت دارد و ناتوانی در کاهش یا افزایش آن نشانه‌ای از بیماری در اثر اختلال ظرفیت تهویه‌ای یا اختلالات عصبی عضلانی است. مشاهده روند افزایش آن در پاسخ به هشت هفته تمرین پیلاتس در تحقیق حاضر همراستا با تغییرات شاخص‌های مربوط به کارایی تنفسی در این آزمودنی‌ها می‌باشد. به دلیل تحرک بیشتر پیلاتس و درگیر بودن عضلات کل بدن و اعمال فشار بیشتر در زمان تمرین، برون ده قلبی بیشتر افزایش یافته و همراستا با آن  $P_{ET}CO_2$  جهت دفع مقادیر بیشتر  $CO_2$  افزایش یافته است. همچنین  $P_{ET}O_2$  نشان دهنده فشار اکسیژن در گازهای بازدمی است و به‌عنوان جایگزینی برای فشارهای اکسیژن آلوئولی به کار برده می‌شود. ولی در اثر فعالیت و بعد از رسیدن به آستانه تهویه‌ای، به دلیل افزایش تهویه دقیقه‌ای، این شاخص نیز افزایش می‌یابد که این وضعیت بعد از هشت هفته یوگا مشاهده شده است.

- regular yoga practice on pulmonary function in healthy individuals: a literature review. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2013;19(3):185-90.
6. Beutler E, Beltrami FG, Boutellier U, Spengler CM. Effect of Regular Yoga Practice on Respiratory Regulation and Exercise Performance. *PloS one*. 2016;11(4):e0153159.
7. Sharifi G, Tabatabaei SH, Babaei A, Tollabi M. The effect of 8 weeks yoga training on respiratory function and heart rate of non-athlete females. *toloe-behdasht [in persian]*. 2015;4(2):10.
8. Ray U, Sinha B, Tomer O, Pathak A. Aerobic capacity & perceived exertion after practice of Hatha yogic exercises. *Indian Journal of Medical Research*. 2001;114:215.
9. Belman MJ, Gaesser GA. Ventilatory muscle training in the elderly. *Journal of Applied Physiology*. 1988;64(3):899-905.



10. Giacomini MB, da Silva AMV, Weber LM, Monteiro MB. The Pilates Method increases respiratory muscle strength and performance as well as abdominal muscle thickness. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2016;20(2):258-64.
11. Ramezankhany A, Nazar Ali P, Hedayati M. Comparing effects of aerobics, pilates exercises and low calorie diet on leptin levels and lipid profiles in sedentary women. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 2011;14(3):256-63.
12. Gildenhuis G, Fourie M, Shaw I, Shaw B, Toriola A, Witthuhn J. Evaluation of Pilates training on agility, functional mobility and cardiorespiratory fitness in elderly women. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation & Dance*. 2013;19(2).
13. Clay CC, Lloyd LK, Walker JL, Sharp KR, Pankey RB. The metabolic cost of hatha yoga. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(3):604-10.
14. Bowman A, Clayton R, Murray A, Reed J, Subhan M, Ford G. Effects of aerobic exercise training and yoga on the baroreflex in healthy elderly persons. *European journal of clinical investigation*. 1997;27(5):443-9.
15. Doijad VP, Kamble P, Surdi AD. Effect of Yogic Exercises on Aerobic Capacity (Vo2 Max). *International Journal of Physiology*. 2013;1(2):47-50.
16. Sovová E, Čajka V, Pastucha D, Malinčíková J, Radová L, Sovová M. Positive effect of yoga on cardiorespiratory fitness: A pilot study. *International journal of yoga*. 2015;8(2):134.
17. Vahedian Azimi A, Payami Bousari M, Kashshafi MB. The effect of progressive muscle relaxation on perceived stress of patients with myocardial infarction. *Zanjan University of Medical Sciences Journal*. 2012;20(81):18-27.
18. Kruk B, Pekkarinen H, Litmanen H. Deep breathing training in connection to moderate physical activity can be beneficial in mildly obese men. *Biology of Sport*. 2006;23(2):107.
19. Sinha B, Sinha TD, Pathak A, Tomer O. Comparison of cardiorespiratory responses between Surya Namaskar and bicycle exercise at similar energy expenditure level. 2013.
20. Sinha B, Sinha TD. Effect of 11 months of yoga training on cardiorespiratory responses during the actual practice of Surya Namaskar. *International journal of yoga*. 2014;7(1):72.
21. Tinoco-Fernández M, Jiménez-Martín M, Sánchez-Caravaca MA, Fernández-Pérez AM, Ramírez-Rodrigo J, Villaverde-Gutiérrez C. The Pilates method and cardiorespiratory adaptation to training. *Research in Sports Medicine*. 2016:1-6.
22. Matsumoto A, Itoh H, Eto Y, Kobayashi T, Kato M, Omata M, et al. End-tidal CO2 pressure decreases during exercise in cardiac patients: association with severity of heart failure and cardiac output reserve. *Journal of the American College of Cardiology*. 2000;36(1):242-9.