

## تاثیر تمرین ترکیبی هوازی و مقاومتی بر فشار خون و تغییرپذیری ضربان قلب در زنان باردار: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

خدیجه احراری<sup>۱</sup>، ماندانا غلامی<sup>۱\*</sup>، مریم چمنی<sup>۲</sup>، حسین عابد نطنزی<sup>۱</sup>

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات، علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.  
۲. گروه زنان و مامایی، فلوشیپ پریناتولوژی، واحد توسعه تحقیقات بالینی شهید اکبر ابادی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

### چکیده

**زمینه و هدف:** بارداری و تمرین ورزشی با تغییرات فیزیولوژیکی و آناتومیکی قلبی و عروقی همراه هستند. در کشور ما مطالعات کمی در این زمینه وجود دارد. هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر تمرین ترکیبی بر فشار خون و تغییرپذیری ضربان قلب مادر میباشد.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی شده در سال ۱۳۹۸ در بیمارستان شهید اکبرآبادی تهران انجام شد. ۱۰ زن باردار سالم در هفته ۲۴-۲۶ بارداری در گروه مداخله و ۱۰ زن باردار سالم در گروه کنترل قرار داشتند. گروه مداخله به مدت هشت هفته در تمرین ترکیبی با شدت متوسط شرکت کردند. قبل و بعد از دوره تمرین اندازه گیری فشارخون، الکتروکاردیوگرام، و تستهای ورزشی هوازی و مقاومتی در زنان باردار انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل پارامترهای تغییرپذیری ضربان قلب نرم افزار Avicenna AST۲۰۰۰ و به منظور تجزیه و تحلیل آماری تست های تی زوجی و مستقل، یو من ویتنی، و ویلکاکسون مورد استفاده قرار گرفتند.

**ملاحظات اخلاقی:** این مطالعه با کد اخلاقی IR.IAU.SRB.REC.1397.101 در کمیته اخلاقی پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و کد کارآزمایی بالینی IRCT20190227042856N1 به ثبت رسید.

**یافته‌ها:** میانگین فشارخون سیستولی و دیاستولی در زنان باردار تمرین کرده در هفته ۳۴ بصورت معنی داری کمتر از زنان باردار گروه کنترل بود ( $P < 0/05$ ). میانگین پارامترهای زمانی در زنان باردار تمرین کرده در هفته ۳۴ بصورت معنی داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $P < 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** تمرین ترکیبی میتواند موجب بهبود سیستم عصبی خود مختار قلبی و برتری سیستم عصبی پاراسمپاتیک در زنان باردار شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۰۳ آبان ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۰۷ دی ۱۳۹۸

تاریخ انتشار: ۱۲ بهمن ۱۳۹۸

### کلیدواژه‌ها:

تمرین ورزشی ترکیبی، فشارخون، تغییرپذیری ضربان قلب، بارداری

### مقدمه

غیر باردار منجر به سازگاری دستگاه عصبی خود مختار قلب به شکل کاهش ضربان قلب و بهبود پارامترهای تغییرپذیری ضربان قلب در زمان استراحت، هنگام فعالیت و زمان بعد از آن میشود [۴، ۵]. در فیزیولوژی و طب بزرگسالان شیوه های مختلف غیر تهاجمی برای تشخیص و پیش بینی سلامتی دستگاه قلبی-عروقی از جمله اندازه گیری فشار خون و بررسی تغییرپذیری ضربان قلب وجود دارد. تجزیه و تحلیل تغییرپذیری ضربان قلب از رویکردهای زمانی و فرکانسی اطلاعات سودمندی در زمینه فعالیت سمپاتیکی و یا پاراسمپاتیکی دستگاه عصبی خود مختار قلب ارائه میدهد. همچنین پارامترهای تغییرپذیری ضربان قلب در ارزیابی وضعیت تمرین ورزشی و بررسی آمادگی جسمانی سودمند میباشد [۴]. اثر تمرینات ورزشی بر دستگاه قلبی عروقی مادر و جنین با توجه به پروتکل‌های متفاوت آنها و معیارهای اصلی تجویز تمرین یعنی مدت، شدت و بویژه نوع تمرین، در

تمرینات ورزشی بدلیل تغییرات فیزیولوژیکی مناسب، اثرات پیشگیری کننده و توانبخشی سودمند بر بیماریهایی مانند فشار خون بالا، دیابت، چاقی، و افسردگی، همواره از گذشته تاکنون در دوران مختلف زندگی مورد تشویق قرار گرفته اند [۲، ۱۰]. از طرف دیگر امروزه تقاضای زنان باردار برای شرکت در تمرین ورزشی افزایش یافته است و در مطالعات مختلف برای نیل به نتایج بهتر همراهی انواع تمرینات ورزشی بویژه تمرینات هوازی و مقاومتی مورد تاکید میباشد. محققین بیان کرده اند که تمرین ترکیبی هوازی و مقاومتی، علاوه بر بهبود تناسب اندام و آمادگی جسمانی، متابولیسم پایه و حساسیت به انسولین را افزایش می دهد، از پوکی استخوان جلوگیری میکند و اثرات سودمندی بویژه بردستگاه قلبی و عروقی دارد [۳]. تمرین ورزشی در زنان

\* نویسنده مسئول:

ماندانا غلامی

نشانی: تهران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده ادبیات علوم انسانی و اجتماعی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی.

تلفن: ۹۸۰ (۲۱) ۴۴۸۶۱۷۹۰

پست الکترونیکی: m.gholami@srbiau.ac.ir

جلسات تمرین شرکت کردند و تمام بررسیهای مربوط به اهداف پژوهش را در دو مرحله قبل و بعد از دوره تمرین ترکیبی انجام دادند. علت حذف و یا خروج از مطالعه تشخیص عوارض بارداری، عدم تمایل برای ادامه تمرین و یا عدم شرکت در بررسیهای قبل و بعد از تمرین ترکیبی بود. پیامدهای اصلی و اولیه بررسی فشار خون، ضربان قلب و تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار بودند و متغیرهایی مانند درصد چربی، وزن و شاخص توده بدنی از جمله پیامدهای ثانویه در نظر گرفته شده بودند. این پژوهش یک مطالعه یک سوکور بود. کارشناس آماری از گروه های کنترل و مداخله در زمان تجزیه و تحلیل داده ها اطلاع نداشت.

در این مطالعه که در بیمارستان شهید اکبرآبادی تهران انجام شد، زنان باردار گروه مداخله به مدت هشت هفته، سه روز در هفته در تمرین ترکیبی مطابق با پروتکل جدول ۱ شرکت کردند. قبل از شروع تمرینات و پس از اخذ رضایت نامه کتبی، پرسشنامه های فعالیت های فیزیکی و تغذیه تکمیل شد و اندازه گیریهای آنترپومتریک (قد و وزن، شاخص توده بدنی، چربی های دولایه پوستی)، فشارخون، تست الکتروکاردیوگرام و تست ورزش بروس اصلاح یافته و تست برآورد یک تکرار بیشینه انجام شدند. برنامه تمرین ترکیبی بر اساس پژوهش گرگ و فرگوسن ۲۰۱۷ [۱۰]، پرازل در سال ۲۰۱۷ [۲]، کالج امریکایی زنان و زایمان و کالج امریکایی طب ورزشی ۲ در زنان باردار تنظیم و اجرا شد. شدت تمرین بر اساس معیار بورگ، بر آورد یک تکرار بیشینه و ضربان قلب هدف تنظیم شد. میزان اکسیژن مصرفی حداکثر با استفاده از تست ورزش اصلاح شده بروس اندازه گیری شد. ضربان قلب از فرمول کارونن [ضربان قلب نشانه = درصد شدت فعالیت ورزشی × (ضربان قلب بیشینه - ضربان قلب استراحت) + ضربان قلب استراحت] محاسبه شد [۱۱]. سپس ۴۰٪، ۵۰٪ و ۶۰٪ ضربان قلب ذخیره محاسبه شد و با جمع آنها با ضربان قلب زمان استراحت، ضربان قلب هدف در شدت های مختلف تمرین هوازی تنظیم گردید.

تمام بررسی های آزمودنیها در صبحها بین ساعت ۸ تا ۱۲ ظهر انجام شد. محل انجام تست، نور شدید و یا سر و صدای زیاد وجود نداشت و دمای محیط مطبوع بود. کافئین در طی دو ساعت قبل از تست مصرف نشده بود. تمامی زنان باردار صبحانه می خوردند، اما فاصله صبحانه با تست از دو ساعت کمتر نبود [۱۲]. بعد از ۱۰ دقیقه از ورود آنها به بیمارستان قد و وزن، چربی دو لایه پوستی، فشار خون بررسی میشد. اندازه گیری فشارخون از دست چپ و در حالت نشسته بود. فشار خون با فاصله دو دقیقه استراحت در بین اندازه گیریها، دو بار اندازه گیری میشد. اگر اختلاف اندازه های بدست آمده بیش از پنج میلیمتر جیوه بود، یک بار دیگر اندازه گیری انجام میشد. میانگین فشار خون

جهان و بطور خاص در کشور ما به میزان کافی و با متدولوژی مناسب بررسی نشده است. همچنین در تحقیقات محدود پیشین نتایج ضدونقیضی در مورد تغییرات همودینامیک قلبی و عروقی و پارامترهای تغییر پذیری ضربان قلب مادر و جنین بدنبال تمرینات ورزشی گزارش شده است [۵، ۶]. لذا در این پژوهش تلاش شد اثر یکی از انواع مهم تمرینات ورزشی که شامل هم تمرین هوازی و هم تمرین مقاومتی میباشد بر فشارخون و تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار بررسی گردد.

## مواد و روش ها

جامعه آماری زنان باردار سالم بودند. معیار های ورود به مطالعه عبارت بودند از: سن ۲۰ تا ۳۵ سال، تک قلو، سن بارداری در شروع اجرای پروتکل های تمرین ورزشی ۲۴ تا ۲۶ هفته، شاخص توده بدنی بین ۱۸/۵ تا کمتر از ۲۵، تعداد بارداری کمتر از پنج، زنان بارداری که مراقبت ها و بررسی های معمول آزمایشگاهی و پاراکلینیک بارداری را انجام میدادند، زنان بارداری که در شش ماه گذشته تمرین ورزشی نداشتند، و زنان باردار با فشار خون کمتر از ۱۴۰/۹۰. در صورت وجود محدودیت های قلبی و عروقی و ارتوپدیک، سابقه زایمان زودرس، سابقه سقط به میزان دو بار یا بیشتر، جفت سرراهی، نارسایی دهانه رحم، رشد-وتکامل نامناسب جنین، آنمی، دیابت، خونریزی واژینال، فشار خون بالا، بیماریهای تیروئیدی، مصرف سیگار و الکل در زنان باردار و یا اگر آنها در تمرینات دیگر شرکت داشتند از مطالعه حذف می شدند [۷، ۸].

تمامی زنان باردار تحت مراقبت های روتین بارداری قرار داشتند. بنابراین با گرفتن شرح حال و انجام معاینات روتین بارداری و اقدامات پاراکلینیکی تحت نظر متخصصین پریناتولوژی سلامت ایشان تایید میشد و در صورت وجود بیماری یا هر نوع عارضه بارداری از مطالعه حذف میشدند. حجم نمونه بر اساس مطالعات مشابه، قوانین راسکو [۹] و توسط نرم افزار G\*Power نسخه (۳/۱) در سطح آلفا ۰/۰۵ و قدرت ۰/۹۰ برای تغییر پذیری ضربان قلب ۱۰ نفر در هر گروه و در کل ۲۰ نفر در نظر گرفته شد. جهت تصادفی شدن توزیع آزمودنی ها تعداد زنان واجد شرایط ورود به مطالعه بر ۲۰ تقسیم شد. عدد بدست آمده فاصله بین انتخاب شماره آزمودنی بود. با انتخاب عددی کوچکتر از عدد بدست آمده و در نظر گرفتن فاصله بدست آمده، آزمودنی ها انتخاب میشدند و به نسبت ۱:۱ در دو گروه مداخله و کنترل توزیع میشدند. جهت بررسی همگنی دو گروه مداخله و کنترل متغیر های سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی و بر آورد یک تکرار بیشینه در گروه مداخله و کنترل با آزمونهای آماری بررسی شدند. با در نظر گرفتن احتمال ۳۰٪ ریزش نمونهها، در هر گروه ۳ نفر اضافه در نظر گرفته شد. در نهایت تعداد ۱۰ نفر در گروه تمرین ترکیبی و ۱۰ نفر در گروه کنترل شرکت داشتند. زنان باردار گروه تمرین در بیش از ۸۰٪

1. American college of obstetrics and gynecology
2. American college of sports medicine

اقدامات آزمایشگاهی و پاراکلینیکی مورد تایید اساتید دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام میشد. پرسشنامه بررسی فعالیت بدنی و پرسشنامه تغذیه توسط پژوهشگر تکمیل میشد. پژوهشگر به همراه متخصصین زنان و زایمان و قلب و عروق در اجرای آزمون ها و تمرینات ورزشی در بیمارستان حضور داشتند و نحوه انجام تمرینات و آموزش نکات ایمنی در هنگام تمرین، تغذیه مناسب، توسط پژوهشگر به زنان باردار در بیمارستان آموزش داده میشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۲۴ انجام شد. میانگین، انحراف استاندارد و جداول توصیفی در خصوص متغیرهای پژوهش ارائه شدند. سطح معنی داری ( $P \geq 0/05$ ) در نظر گرفته شد. از آزمون های آماری ناپارامتری نظیر آزمون یو من ویتنی، ویلکاکسون، فیشر، آزمون پارامتری تی زوجی، تی مستقل و آزمون شاپیروویک استفاده شد.

### یافته ها

ویژگیهای آزمودنیها، در **جدول ۲** و **۳** آورده شده اند. بر اساس یافته های پژوهش به لحاظ آماری اختلاف معنی داری از نظر سن، قد، وزن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن، حداکثر اکسیژن مصرفی، میزان تحصیلات، تعداد زایمان، و میزان فعالیت جسمانی بین دو گروه مداخله و کنترل در هفته ۲۶-۲۴ بارداری وجود نداشت ( $P > 0/05$ ). میانگین برآورد یک تکرار بیشینه گروه کنترل و گروه مداخله در هفته ۲۶-۲۴ اختلاف معنی داری نداشتند ( $P > 0/05$ ). قبل از تمرین ترکیبی ضربان قلب استراحت، فشار خون سیستولی و دیاستولی در دو گروه یکسان بودند ( $P > 0/05$ ). اما میانگین این متغیر ها بعد از هشت هفته تمرین ترکیبی در گروه مداخله به میزان معنی داری کمتر از گروه کنترل بودند ( $P < 0/05$ ) (**جدول شماره ۴**). همچنین در گروه کنترل و گروه مداخله میانگین فشار خون دیاستولیک و سیستولیک در هفته ۳۶-۳۴ به میزان معنی داری بیشتر از هفته ۲۶-۲۴ بود ( $P < 0/05$ ). پارامترهای زمانی و فرکانسی تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار در گروه مداخله و گروه کنترل قبل و بعد از هشت هفته تمرین ترکیبی در **جدول ۵**، **۶** آورده شده اند. با مقایسه گروه مداخله قبل و بعد از هشت هفته تمرین میزان پارامتر SDNN زنان باردار در هفته ۳۶-۳۴ بارداری بیشتر از این پارامتر در هفته ۲۶-۲۴ بارداری بود ( $P < 0/05$ ). براساس یافته های پژوهش در هفته ۳۴ پارامترهای زمانی (SDNN)، (RMSSD) در زنان باردار گروه تمرین بیشتر از زنان باردار گروه کنترل بود ( $P < 0/05$ ) (**جدول ۸**، **۷**).

### بحث

بر اساس یافته های پژوهش حاضر میانگین ضربان قلب فشار خون سیستولی و فشار خون دیاستولی در زنان باردار گروه تمرین کمتر از گروه کنترل بود. کاهش تونوسیت و آزمون تور و افزایش فعالیت عصبی پاراسمپاتیکی بدنبال تمرین ورزشی میتواند علت

دو اندازه بدست آمده به عنوان فشارخون آزمودنی در نظر گرفته میشد. الکتروکاردیوگرام زنان باردار در حالت نشسته انجام میشد. پارامتر های تغییرپذیری ضربان قلب با دو رویکرد خطی زمانی و فرکانسی بررسی شد. از رویکرد خطی زمانی: انحراف استاندارد فواصل ضربان قلب (SDNN) و جذر میانگین مجذور اختلافات فواصل طبیعی (RMSSD) اندازه گیری شدند. پارامتر SDNN اثر دستگاه عصبی خود مختار بر روی تغییرپذیری ضربان قلب را نشان می دهد و پارامتر RMSSD فعالیت عصبی پاراسمپاتیک قلب را نشان می دهد. از رویکرد خطی فرکانسی؛ توان کل (TP) با فرکانس ۰ تا ۰/۴ هرتر فعالیت عصبی پاراسمپاتیک را نشان می دهد، باند فرکانس بالا (HF) با فرکانس ۰/۱۵ تا ۰/۴ هرتر نشان دهنده فعالیت عصبی پاراسمپاتیک است، باند فرکانس پائین (LF) با فرکانس ۰/۰۴ تا ۰/۱۵ هرتر نشان دهنده تعادل فعالیت عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک هست. نسبت باند فرکانس پایین به باند فرکانس بالا (LF/HF) نشان دهنده تعادل بین فعالیت عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک می باشد [۴]. با استفاده از لید دو الکتروکاردیوگرام، نرم افزار AST3000 Avi-cenna شرکت اوسینا، پارامترهای زمانی و فرکانسی تغییرپذیری ضربان قلب زنان باردار توسط پژوهشگر و متخصص قلب و عروق بررسی شدند.

به منظور بررسی چین دو لایه پوستی از چهار نقطه عضله سه سر بازو، دوسر بازو، تحت کتفی و بالای لگن استفاده میشد. با استفاده از فرمول تراکم بدن =  $0/0717 \times$  لوگاریتم مجموع چین های دولایه پوستی -  $1/1599$  و فرمول درصد چربی =  $100 \times$   $450 -$  (تراکم بدن /  $495$ )، درصد چربی بدن محاسبه شد [۱۳]. تمام اندازه گیری های چین دولایه پوستی در طرف راست انجام میشد و آزمودنیها در حال ایستاده و راحت قرار داشتند. اندازه گیریها مطابق با روشهای استاندارد کالج آمریکایی طب ورزش و دو بار انجام میشد. اگر اختلاف اندازه گیریها بیشتر از دو میلیمتر بود بار سوم هم اندازه گیری انجام میشد [۱۴].

ابزار پژوهش ترازوی سکا مدل ۷۰۳ (دقت ۵۰ گرم)، قد سنج سکا ساخت کشور آلمان (دقت ۰/۵ سانتیمتر)، کالیپر Slim guide ساخت کشور استرالیا (دقت یک میلیمتر)، فشارسنج جیوه ای مدل ALPK2 ساخت کشور ژاپن (دقت دو میلیمتر جیوه)، دستگاه الکتروکاردیوگرام ساخت کشور ایران و مورد تایید اروپا مدل سینا ۱۰۰ بود. تمامی اندازه گیریها توسط یک نفر و با وسایل اندازه گیری یکسان انجام شد. چک لیست بررسی سلامت و مراقبت های بارداری، پرسشنامه بررسی فعالیت جسمانی، پرسشنامه تغذیه، بر اساس پرسشنامه و چک لیست های بین المللی، انجمن کانادایی فیزیولوژی ورزشی [۱۴، ۸] و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی بودند. بنابر این از نظر روایی و پایایی مورد تایید میباشند. بررسی سلامت زنان باردار و جنین آنها تحت نظر اساتید، دستیاران و کادر مجرب بیمارستان شهید اکبرآبادی تهران با تکمیل فرم ها، معاینات و

جدول ۱. پروتکل تمرین ترکیبی در گروه مداخله

مرحله اول: گرم کردن راه رفتن (با در نظر گرفتن ۴۰٪ ضربان قلب ذخیره) و تمرین کششی به مدت ۵ دقیقه						
هفته بارداری	۲۴-۲۶	۲۶-۲۸	۲۸-۳۰	۳۰-۳۲	۳۲-۳۴	۳۴-۳۶
مرحله دوم: تمرین مقاومتی						
شدت	RPE	۱۱-۱۲	۱۱-۱۲	۱۲-۱۳	۱۲-۱۳	۱۳-۱۴
رنگ تراباند	قرمز-سبز	قرمز-سبز	قرمز-سبز	سبز-آبی	سبز-آبی	آبی-سیاه
تکرار	۶-۸	۱۰-۱۲	۶-۸	۱۰-۱۲	۶-۸	۱۰-۱۲
انجام راحت ۱۲ تکرار ۱۰۰٪ افزایش طول = استفاده از تراباند با مقاومت بیشتر						
تواتر: ۳ بار در هفته						
ست: ۲ ست (فاصله ستها یک دقیقه و فاصله بین تمرینات مختلف ۲ دقیقه)						
نوع تمرین: سه نوع از تمرینات: فلکسیون شانه، ابداکشن شانه، فلکسیون واکستنسیون آرنج، اکستنسیون زانو، ابداکشن هیپ، فلکسیون مچ پا.						
مرحله سوم: تمرین هوازی (بعد از دو دقیقه استراحت)						
شدت	RPE%HRR	۱۱-۱۲	۱۱-۱۲	۱۲-۱۳	۱۲-۱۳	۱۳-۱۴
	%۴۰	%۴۰	%۵۰	%۵۰	%۶۰	%۶۰
مدت و تکرار: به مدت ۵ دقیقه سه بار در هفته						
نوع تمرینات: در جا زدن، بالا آوردن پا، حرکت دوچرخه ایستاده، حرکت به چپ و راست از پهلو، گریپ و این، چرخش باسن، چرخش بالاتنه، کیک بک، حرکت جانبی دست ها، حرکت رو به جلو دست ها و بالای سر بردن دست ها.						
مرحله چهارم: بعد از دو دقیقه استراحت مراحل دوم و سوم به ترتیب تمرین مقاومتی و هوازی به فاصله دو دقیقه تکرار می شوند.						
مرحله پنجم: تمرینات کف لگن، عضلات شکم و سرد کردن با تمرینات کششی به مدت ۵ دقیقه						



HRR: ضربان قلب ذخیره و RPE: میزان تلاش ادراک شده

کاهش Crp می‌گردد. تمرین مستقیماً تولید سیتوکاین از بافت‌های چربی، عضلاتی و سلول‌های منونکلئار را کاهش می‌دهد، بصورت غیر مستقیم حساسیت به انسولین را افزایش می‌دهد، منجر به بهبود عملکرد اندوتلیوم می‌شود و وزن بدن را کاهش می‌دهد. تمرین با افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها میزان التهاب را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش Crp می‌شود. Crp منجر به کاهش بیان اکسید نیتریک می‌شود. لذا با اثر مثبت بر تونوسیت و واگی موجب کاهش فشار خون می‌گردد [۱۸].

پارامتر SDNN نشان دهنده تعادل فعالیت عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک است [۴] و افزایش آن در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل نشان دهنده آن است که تمرین موجب بهبود تعادل سیستم عصبی خود مختار قلبی می‌گردد. البته در بارداری با افزایش سن بارداری و همچنین با افزایش وزن زنان باردار پارامترهای تغییر پذیری کاهش می‌یابند و یا تغییر نمی‌کنند. پارامتر RSMMD نشان‌دهنده فعالیت عصبی پاراسمپاتیک می‌باشد [۴]. در این پژوهش میزان پارامتر RSMMD در زنان باردار تمرین‌کرده و در هفته ۳۴-۳۶ بیشتر از زنان باردار گروه کنترل بود و این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار بود. به عبارت دیگر

کمتر بودن فشار خون و ضربان قلب در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل باشد. همچنین احتمال افزایش واسطه‌هایی مانند اکسید نیتریک که اثر مثبت بر افزایش تونوسیت و واگی دارند در گروه تمرین می‌تواند علت تغییرات فشار خون باشد. تحقیقات گذشته حاکی از آن هستند که تمرین منجر به بهبود دسترسی زیستی اکسید نیتریک و کاهش سطح آنژیوتانسین دو می‌گردد [۱۵].

تحقیقات حاکی از آن هستند که میزان بالای کراتین کیناز ۳ (cpk) بافتی قبل از شروع فشار خون بالا وجود دارد و درمان ضد فشار خون منجر به کاهش کراتین کیناز می‌شود. کراتین کیناز بالا می‌تواند منجر به افزایش ظرفیت بافری بالاتر ATP و متعاقب آن افزایش قدرت انقباضی قلبی، افزایش مقاومت عروقی، کاهش دسترسی زیستی اکسید نیتریک و احتباس سدیم گردد [۱۶، ۱۷]. در این پژوهش میزان Cpk در دو گروه در هفته ۳۶-۳۴ ۳۴ یکسان بود. اما میزان پروتئین واکنشی سی ۴ (Crp) در گروه تمرین در هفته ۳۴-۳۶ کمتر از گروه کنترل بود ( $P < 0/05$ ). احتمالاً تمرین ورزشی بصورت مستقیم و غیر مستقیم منجر به

3. Creatine phosphokinase
4. C- Reactive protein

جدول ۲. ویژگی های زنان باردار مراجعه کننده به بیمارستان شهید اکبرآبادی تهران در هفته ۲۶-۲۴ بارداری

P	میانگین $\pm$ انحراف معیار / تعداد (درصد)		ویژگی
	گروه کنترل	گروه تمرین ترکیبی	
۰/۷۷*	۲۹/۳۰ $\pm$ ۳/۸۰	۲۸/۷۰ $\pm$ ۴/۶۴	سن (سال)
۰/۸۳*	۱۹ $\pm$ ۶/۹۴	۱۹/۶۰ $\pm$ ۴/۹۷	فعالیت فیزیکی (ساعت در هفته)
۰/۵۰**	۴ (۴۰)	۵ (۵۰)	۱
	۴ (۴۰)	۴ (۴۰)	۲-۳
	۲ (۲۰)	۱ (۱۰)	۴
۰/۵۰**	۶ (۶۰)	۷ (۷۰)	دیپلم و کمتر
	۴ (۴۰)	۳ (۳۰)	دانشگاهی



\*آزمون تی مستقل؛ \*\*آزمون فیشر

جدول ۳. ویژگی های آنترپوپومتریک و حداکثر اکسیژن مصرفی زنان باردار مراجعه کننده به بیمارستان شهید اکبرآبادی تهران در هفته ۲۶-۲۴ بارداری

P	میانگین $\pm$ انحراف معیار		ویژگی
	گروه کنترل	گروه مداخله	
۰/۸۴*	۱۶۰/۵۰ $\pm$ ۴/۵۰	۱۶۱/۷۰ $\pm$ ۴/۳۰	قد (سانتی متر)
۰/۶۸*	۶۶/۸۰ $\pm$ ۴/۴۲	۶۵/۶۰ $\pm$ ۲/۲۲	وزن (کیلوگرم)
۰/۱۴**	۲۵/۹۲ $\pm$ ۱/۰۳	۲۵/۱۲ $\pm$ ۱/۳۸	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)
۰/۳۷*	۳۱/۶۷ $\pm$ ۴/۵۳	۲۹/۷۹ $\pm$ ۴/۶۲	چربی (درصد)
۰/۹۲*	۲۱/۹۰ $\pm$ ۴/۵۵	۲۲/۰۹ $\pm$ ۳/۷۰	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر در کیلوگرم در دقیقه)



\*آزمون آماری تی مستقل؛ \*\*آزمون یو من ویتنی

جدول ۴. ضربان قلب و فشار خون زنان باردار قبل و بعد از تمرین ترکیبی

سطح معنی داری	سطح معنی داری	میانگین $\pm$ انحراف معیار				آزمودنی ها
		گروه کنترل		گروه مداخله		
		هفته ۲۴-۳۶	هفته ۲۶-۳۶	هفته ۲۴-۳۶	هفته ۲۶-۳۶	
گروه مداخله و کنترل	قبل و بعد از تمرین ترکیبی	هفته ۲۴-۳۶	هفته ۲۶-۳۶	هفته ۲۴-۳۶	هفته ۲۶-۳۶	زمان بررسی
۰/۰۵**	۰/۰۵*	۸۲/۹۰ $\pm$ ۳/۱۸	۸۱/۹۰ $\pm$ ۴/۵۶	۸۰ $\pm$ ۳/۱۶	۷۸/۶۰ $\pm$ ۳/۴۷	ضربان قلب
		ضربه در دقیقه	ضربه در دقیقه	میلیمتر جیوه	میلیمتر جیوه	
۰/۰۰۷****	< ۰/۰۰۱****	۷۸/۱ $\pm$ ۳/۵۷	۷۳/۴۰ $\pm$ ۶/۸۸	۷۲/۹۰ $\pm$ ۳/۹۶	۶۷/۹۰ $\pm$ ۵/۲۴	فشار خون دیاستولیک
		میلیمتر جیوه	میلیمتر جیوه	میلیمتر جیوه	میلیمتر جیوه	
۰/۰۳۱****	< ۰/۰۰۱****	۱۱۸/۳۰ $\pm$ ۲/۴۷	۱۱۰/۵۰ $\pm$ ۶/۹۳	۱۱۳/۷۰ $\pm$ ۴/۹۲	۱۱۰/۱۰ $\pm$ ۵/۶۹	فشار خون سیستولیک
		میلیمتر جیوه	میلیمتر جیوه	میلیمتر جیوه	میلیمتر جیوه	



\*تی زوجی؛ \*\*تی مستقل؛ \*\*\*ویلاکسون؛ \*\*\*\*یو من ویتنی

جدول ۵. مقایسه پارامترهای زمانی تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار در هفته های ۲۶-۲۴ و ۳۶-۳۴ بارداری

پارامترهای زمانی تغییر پذیری ضربان قلب	میانگین $\pm$ انحراف معیار			
	هفته بارداری		سطح معنی داری	
	گروه کنترل	گروه تمرین	گروه کنترل*	گروه تمرین*
	۲۴-۳۶	۲۴-۳۶	۳۴-۳۶	۲۴-۳۶
SDNN میلی ثانیه	۵۱/۸۰ $\pm$ ۱۳/۸۷	۶۴/۳۰ $\pm$ ۱۲/۱۴	۷۴/۲ $\pm$ ۷/۲۲	۰/۳۹
RMSSD میلی ثانیه	۲۷/۷۰ $\pm$ ۳۱/۰۱	۴۸/۵۴ $\pm$ ۲۹/۰۷	۴۸/۱۰ $\pm$ ۲۷/۶۱	۰/۰۹



\*آزمون آماری ویلکاکسون

جدول ۶. مقایسه پارامترهای فرکانسی تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار در هفته های ۲۶-۲۴ و ۳۶-۳۴ بارداری

پارامترهای تغییر پذیری	میانگین $\pm$ انحراف معیار			
	هفته بارداری		Pb*	
	گروه کنترل	گروه تمرین	گروه کنترل*	گروه تمرین*
	۲۴-۳۶	۲۴-۳۶	۳۴-۳۶	۲۴-۳۶
LF مجذور میلی ثانیه	۱۲۶/۷۰ $\pm$ ۱۵۲/۸۲	۳۰۰/۷۲ $\pm$ ۴۸۸/۹۹	۲۵۱/۶۰ $\pm$ ۳۶۲/۱۵	۰/۷۲
HF مجذور میلی ثانیه	۱۶۹/۳۳ $\pm$ ۱۴۷/۵۶	۱۲۴/۵۰ $\pm$ ۱۰۵/۴۵	۲۹۹/۳۵ $\pm$ ۵۷۸/۳۰	۰/۶۵
LF/HF	۲/۵۷ $\pm$ ۱/۶۸	۱/۷۸ $\pm$ ۲/۲۱	۲/۵۹ $\pm$ ۳/۴۰	۰/۵۱



aP = سطح معناداری در گروه کنترل و bP = سطح معناداری در گروه تمرین ترکیبی در هفته های ۲۲-۶۲ و ۴۳-۶۳ اعداد بر اساس میانگین  $\pm$  انحراف معیار بیان شده اند. \* آزمون آماری ویلکاکسون.

جدول ۷. مقایسه پارامترهای زمانی تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار در هفته ۳۶-۳۴ بارداری

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار		
	سطح معنی داری*		
	گروه تمرین هفته	گروه کنترل هفته	
	۳۶-۳۶	۳۶-۳۶	
SDNN میلی ثانیه	۷۴/۲ $\pm$ ۷/۲۲	۵۱/۸۰ $\pm$ ۱۳/۸۷	۰/۰۰۱
RMSSD میلی ثانیه	۴۸/۱۰ $\pm$ ۲۷/۶۱	۲۷/۷۰ $\pm$ ۳۱/۰۱	۰/۰۴



\* آزمون آماری یو من ویتنی

ناشی از آن وجود دارد و احتمالاً نقش مهم باز شکل گیری ۵ مورفولوژیک و وضعیت الکتریکی مطرح میباشد. استنادات مهمی وجود دارند مبنی بر اینکه باز شکل گیری الکتریکی گره سینوسی با تمرین تحریک میگردد [۱۹].

تمرین موجب برتری نسبی فعالیت عصبی پاراسمپاتیک در گروه تمرین شد. در حالی که در بارداری طبیعی با افزایش سن بارداری برتری فعالیت عصبی سمپاتیک نسبت به فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک گزارش شده است [۵]. در حال حاضر بحث داغی بر منشأ احتمالی اثرات تمرین بر فعالیت پاراسمپاتیکی و برادیکاردی

جدول ۸. مقایسه پارامترهای فرکانسی تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار در هفته ۳۶-۳۴ بارداری

سطح معنی داری *	میانگین $\pm$ انحراف معیار		متغیر
	۳۶-۳۴	گروه کنترل هفته	
۰/۹۷	۱۲۶/۷۰ $\pm$ ۱۵۲/۸۲	گروه تمرین هفته	LF مجنور میلی ثانیه
۰/۹۹	۱۲۴/۵۰ $\pm$ ۱۰۵/۴۵		HF مجنور میلی ثانیه
۰/۴۵	۱۷۸ $\pm$ ۲/۲۱		LF/HF



اعداد بر اساس انحراف معیار میانگین بیان شده اند. \*آزمون آماری یو من ویتنی

قلب زنان باردار در زمان استراحت در هفته‌های مختلف بارداری بود. نتایج مطالعه آنها حاکی از افزایش میانگین پارامترهای تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار تمرین کرده بود. با وجود آنکه با افزایش هفته بارداری فعالیت عصبی سمپاتیک نیز افزایش می‌یابد و با عوارض بارداری بدتر می‌گردد [۵، ۲۰]. البته مطالعه می‌از نوع شاهد موردی بود، لذا احتمال تاثیر عوامل مداخله‌گر وجود داشته است. در مطالعه ون لیوون در سال ۲۰۱۴ پارامترهای زمانی و فرکانسی تغییرات قابل ملاحظه‌ای در اثر تمرین نداشتند [۲۱]. ساتیاپریا و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز دو گروه زنان باردار را که تمرینات متفاوت انجام میدادند بررسی کردند و در دو گروه پارامتر HF افزایش و پارامترهای LF و LF/HF کاهش داشتند، اما در مطالعه آنها گروه کنترل در نظر گرفته نشد [۲۲]. بنابراین نتایج تحقیق آنها میتواند حاصل اثر فاکتورهای مداخله‌گر دیگر مانند افزایش سن بارداری بر تغییر پذیری ضربان قلب باشد. علت عدم همسویی این مطالعات را میتوان بکارگیری شدتهای متفاوت تمرین، زنان باردار با ویژگی‌های آنترئوپومتریک متفاوت و نظم در تمرین بیان کرد. تمرینات با شدت متوسط و منظم بیشترین تاثیر را در بهبود تغییر پذیری ضربان قلب دارند. در حالی که تمرین منظم موجب بهبود سلامتی قلبی و عروقی میشود، اما این نظم به میزان زیادی تحت تاثیر انگیزه فرد و سابقه آمادگی جسمانی و همچنین نوع، شدت و مدت تمرین می‌باشد [۲۳]. شاخص توده بدنی بالا و میزان فعالیت‌های غیر ورزشی نیز بر نتایج تحقیق موثر میباشد.

در این پژوهش زنان باردار مبتلا به فشار خون، دیابت، با وزن غیر طبیعی، همچنین تمرین ورزشی با شدت زیاد و مکانیسم تاثیر تمرین بر تغییرات قلبی و عروقی مورد بررسی قرار نگرفتند. لذا در تحقیقات آتی بررسی اثر تمرینات با شدت متفاوت در زنان باردار طبیعی و همچنین با شاخص توده بدنی بالا، اثر انواع تمرین بر تغییرات همودینامیک جنین با تعداد نمونه بیشتر و انجام تحقیقات در زمینه مکانیسم اثر انواع تمرینات بر فشار خون و تغییر پذیری ضربان قلب سودمند هستند.

نکته قوت این پژوهش وجود گروه کنترل، مقایسه گروه مداخله و کنترل با یکدیگر، مقایسه گروه مداخله قبل و بعد از تمرین و مقایسه گروه کنترل در هفته ۲۶-۲۴ و در هفته ۳۶-۳۴ بود. بدین ترتیب عوامل مداخله‌گر نظیر سیر بارداری، افزایش وزن، تغییرات ضربان قلب و فشار خون و سایر تغییرات فیزیولوژیک بارداری در نظر گرفته شدند. زیرا با افزایش عواملی مانند وزن، سن بارداری و افزایش ضربان قلب و فشار خون، برتری فعالیت عصبی سمپاتیکی بر تغییر پذیری ضربان قلب اثر میگذارد. در مقاله مروری دایتز و همکاران در خصوص اثر تمرین بر تغییر پذیری ضربان قلب در مادر و جنین که در سال ۲۰۱۶ انجام شد، نتایج حاکی از بهبود پارامترهای زمانی تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار گروه تمرین بود که با نتایج تحقیق حاضر مشابه می‌باشد [۵]. اما در بعضی از تحقیقات تغییراتی در پارامترهای تغییر پذیری ضربان قلب زنان باردار تمرین کرده دیده نشد و یا میانگین پارامترها کاهش داشت که با نتایج پژوهش حاضر هم راستا نبود. علت عدم همسویی نتایج تحقیقات میتواند تعداد افراد تحت مطالعه، نظم در تمرین، وزن زنان باردار و سن بارداری که تمرینات در آنها انجام شده است باشد [۵، ۶].

در پژوهش حاضر تعداد ضربان قلب زنان باردار بصورت قابل ملاحظه‌ای در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل کمتر بود. البته تعداد ضربان قلب در هفته ۳۴ بارداری بدلیل برتری فعالیت عصبی سمپاتیک ناشی از افزایش سن بارداری افزایش مییابد، اما همانطور که یافته‌های پژوهش نشان میدهند اختلاف قابل ملاحظه‌ای در گروه کنترل نسبت به گروه مداخله در زمان بعد از تمرین وجود دارد که نشانگر برتری فعالیت عصبی پاراسمپاتیک در گروه مداخله نسبت به گروه کنترل در هفته ۳۴ میباشد. به بیان دیگر تمرین ترکیبی منجر به بهبود تعامل فعالیت عصبی سمپاتیکی و پاراسمپاتیکی قلبی شد و گواه دیگری مبنی بر اثر تمرین بر ارتقاء فعالیت سیستم عصبی خود مختار قلب میباشد.

از جمله تحقیقات با نتایج مشابه میتوان از مطالعه می و همکاران در سال ۲۰۱۶ نام برد. هدف از مطالعه آنها تعیین تاثیر تمرین ورزشی بر بهبود عملکرد سیستم عصبی خود مختار

## نتیجه گیری

در مجموع در پژوهش حاضر نشان داده شد که تمرین ترکیبی در زنان باردار میتواند موجب بهبود تعامل سیستم عصبی خود مختار قلبی و برتری نسبی فعالیت عصبی پاراسمپاتیک نسبت به فعالیت عصبی سمپاتیک شود. ضربان قلب و فشار خون در زنان گروه تمرین کمتر از زنان گروه کنترل بود و پارامترهای زمانی تغییرپذیری ضربان قلب در گروه زنان باردار گروه تمرین بیشتر از زنان باردار گروه کنترل بود.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه با کد اخلاق IR.IAU.SRB.REC.1397.101 در کمیته اخلاق پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و کد IRCT20190227042856N1 مرکز ثبت کارآزمایی بالینی به ثبت رسید.

### حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله خانم خدیجه احراری دانشجوی دکتری گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران می باشد.

### مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان معیارهای استاندارد نویسندگی بر اساس پیشنهادات کمیته بین المللی ناشران مجلات (ICMJE) را دارا بودند.

### تعارض منافع

بدین وسیله نویسندگان تصریح می نمایند که هیچگونه تضاد منافی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از اساتید، پزشکان، پرسنل درمانگاه پریناتولوژی و واحد توسعه تحقیقات بالینی بیمارستان شهید اکبر آبادی دانشگاه علوم پزشکی ایران و زنان باردار شرکت کننده در این مطالعه جهت همکاری و مساعدت در طول مطالعه اعلام میدارند.



## References

- [1] Hanson M, Gluckman P. Developmental origins of health and disease-global public health implications. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2015; 29(1):24-31. [DOI:10.1016/j.bpobgyn.2014.06.007] [PMID]
- [2] Perales M, Artal R, Lucia A. Exercise during pregnancy. *JAMA.* 2017; 21(11):1113-4. [DOI:10.1001/jama.2017.0593] [PMID]
- [3] May LE, Allen JJ, Gustafson KM. Fetal and maternal cardiac responses to physical activity and exercise during pregnancy. *Early Hum Dev.* 2016; 1(4):49-52. [DOI:10.1016/j.earhumdev.2016.01.005] [PMID]
- [4] Davis G, Graham K, Michael S. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals-a review. *systolic time intervals-a review. Front Physiol.* 2017; 8(7):301. [DOI:10.3389/fphys.2017.00301] [PMID] [PMCID]
- [5] Dietz P, Watson ED, Sattler MC, Ruf W, Titze S, van Poppel M. The influence of physical activity during pregnancy on maternal, fetal or infant heart rate variability: A systematic review. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2016; 16(1):326.6. [DOI:10.1186/s12884-016-1121-7] [PMID] [PMCID]
- [6] Roldan-Reoyo O, Pelaez M, May L, Barakat R. Influence of maternal physical exercise on fetal and maternal heart rate responses. *Ger J Exerc Sport Res.* 2019; 5(2) 1-8.
- [7] O'Connor PJ, Poudevigne MS, Cress ME, Motl RW, Clapp JF. Safety and efficacy of supervised strength training adopted in pregnancy. *J Phys Act Health.* 2011; 8(3):309-20. [DOI:10.1123/jpah.8.3.309] [PMID]
- [8] Smith KM, Campbell CG. Physical activity during pregnancy: Impact of applying different physical activity guidelines. *J Pregnancy.* 2013; 2013:165617. [DOI:10.1155/2013/165617] [PMID] [PMCID]
- [9] VanVoorhis CW, Morgan BL. Understanding power and rules of thumb for determining sample sizes. *Tutor Quant Methods Psychol.* 2007; 3(2):43-50. [DOI:10.20982/tqmp.03.2.p043]
- [10] Gregg VH, Ferguson JE. Exercise in pregnancy. *Clin Sports Med.* 2017; 36(4):741-52. [DOI:10.1016/j.csm.2017.05.005] [PMID]
- [11] Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: A longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957; 35(1):307-15.
- [12] Sammito S, Böckelmann I. Factors influencing heart rate variability. *Int Cardiovasc Forum Journal.* 2016; 4(6):321-5. [DOI:10.17987/icfj.v6i0.242]
- [13] Durnin JV, Womersley JV. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974; 32(1):77-97. [DOI:10.1079/BJN19740060] [PMID]
- [14] Gibson AL, Wagner D, Heyward V. *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*, 8<sup>th</sup> ed. Champaign: Human kinetics; 2018.
- [15] Nystoriak MA, Bhatnagar A. Cardiovascular effects and benefits of exercise. *Front Cardiovasc Med.* 2018; 5(1):135. [DOI:10.3389/fcvm.2018.00135] [PMID] [PMCID]
- [16] Karamat FA, Oudman I, Haan YC, van Kuilenburg AB, Leen R, Danser JA, et al. Creatine kinase inhibition lowers systemic arterial blood pressure in spontaneously hypertensive rats: A randomized controlled trial. *J Hypertens.* 2016; 34(12):2418-26. [DOI:10.1097/HJH.0000000000001090] [PMID]
- [17] Sukul S, Bahinipati J, Patra S, Ravichandran K. Serum creatine kinase activity among hypertensive patients and its role as a predictor for failure of antihypertensive treatment. *Journal of Clinical & Diagnostic Research.* 2018; 12(11):121-5.
- [18] Kasapis C, Thompson PD. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: A systematic review. *J Am Coll Cardiol.* 2005; 45(10):1563-9. [DOI:10.1016/j.jacc.2004.12.077] [PMID]
- [19] Boyett MR, Wang Y, Nakao S, Ariyaratnam J, Hart G, Monfredi O, et al. Point: Exercise training-induced bradycardia is caused by changes in intrinsic sinus node function. *J Appl Physiol.* 2017; 123(3):684-5. [DOI:10.1152/jappphysiol.00604.2017] [PMID] [PMCID]
- [20] May LE, Knowlton J, Hanson J, Suminski R, Paynter C, Fang X, et al. Effects of exercise during pregnancy on maternal heart rate and heart rate variability. *PMR.* 2016; 8(7):611-7. [DOI:10.1016/j.pmrj.2015.11.006] [PMID]
- [21] Van Leeuwen P, Gustafson KM, Cysarz D, Geue D, May LE, Grönemeyer D. Aerobic exercise during pregnancy and presence of fetal-maternal heart rate synchronization. *PLOS One.* 2014; 9(8):103-6. [DOI:10.1371/journal.pone.0106036] [PMID] [PMCID]
- [22] Satyapriya M, Nagendra HR, Nagarathna R, Padmalatha V. Effect of integrated yoga on stress and heart rate variability in pregnant women. *Int J Gynaecol Obstet.* 2009; 104(3):218-22. [DOI:10.1016/j.ijgo.2008.11.013] [PMID]
- [23] Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and residual soccer match-related fatigue: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018; 48(3):539-83. [DOI:10.1007/s40279-017-0798-8] [PMID]