# تأثیر تمرینات ترکیبی و ویتامین D بر شاخص‌های آنتروپومتریک و پروفایل آندروژنی در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک

**دکتر معصومه اکبری[۲،۱]، دکتر حمید امینی[۳]، فاطمه‌زهرا سادات حسینی کاشانی[۴*]**

۱. دانشیار گروه پرستاری، دانشکده پرستاری سلماس، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. دانشیار گروه اتاق عمل، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.
۳. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه طلوع مهر، قم، ایران.
۴. مربی گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه طلوع مهر، قم، ایران.

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۵/۰۳/۰۳ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۵/۰۶/۰۵

## خلاصه

**مقدمه:** سندرم تخمدان پلی‌کیستیک (PCOS) با چاقی و اختلالات متابولیک و هورمونی همراه است. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین ترکیبی و مکمل‌یاری ویتامین D بر شاخص‌های آنتروپومتریک و پروفایل هورمونی زنان مبتلا به PCOS انجام شد.

**روش‌کار:** در این مطالعه نیمه‌تجربی که در سال ۱۴۰۱ انجام شد، ۴۲ زن مبتلا به PCOS به چهار گروه: کنترل، تمرین (تمرینات TRX، دایره‌ای و هوازی با شدت متوسط)، دریافت کننده مکمل ویتامین D و تمرین همراه با مکمل تقسیم شدند. شاخص‌های آنتروپومتریک (وزن، BMI و WHR) و سطوح سرمی هورمون‌ها (LH، FSH و SHBG) پیش و پس از ۸ هفته مداخله سنجیده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) و تحلیل واریانس یک‌طرفه و تحلیل کوواریانس فاکتوریل ۲×۲ انجام شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** هشت هفته مداخله تمرینی اثر معنی‌داری بر کاهش وزن، BMI و WHR داشت ($p<۰/۰۵$)، به‌طوری‌که بیشترین کاهش در وزن و BMI در گروه تمرین به‌تنهایی مشاهده شد. بااین‌حال، اثر اصلی مکمل ویتامین D و نیز اثر تعاملی تمرین و مکمل بر متغیرهای آنتروپومتریک معنی‌دار نبود. همچنین، مداخلات تأثیر معنی‌داری بر سطوح سرمی LH و FSH نداشتند و کاهش SHBG تحت تأثیر مکمل ویتامین D تنها در سطح مرزی معنی‌دار بود ($p=۰/۰۴۹$).

**نتیجه‌گیری:** تمرین ترکیبی رویکردی مؤثر برای بهبود ترکیب بدنی و کاهش وزن در زنان مبتلا به PCOS است؛ بااین‌حال، افزودن مکمل ویتامینD مزیت مضاعفی بر شاخص‌های آنتروپومتریک و هورمونی ایجاد نکرد.

**کلمات کلیدی:** آندروژن‌ها، ترکیب بدن، سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، مکمل‌های غذایی، ورزش‌درمانی، ویتامین D

* **نویسنده مسئول مکاتبات:** فاطمه‌زهرا سادات حسینی کاشانی؛ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه طلوع مهر، قم، ایران. **تلفن:** ۰۲۵-۳۳۵۵۵۶۱۰؛ **پست الکترونیک:** hoseini.7171@gmail.com

## مقدمه

سندرم تخمدان پلی‌کیستیک (PCOS)[1] شایع‌ترین اختلال غدد درون‌ریز در زنان در سنین باروری است (۱) و شیوع آن در سراسر جهان، بسته به جمعیت مورد مطالعه و معیارهای تشخیصی مورد استفاده، حدود ۲۰-۴٪ برآورد شده است (۲). این سندرم با طیف گسترده‌ای از تظاهرات بالینی، از جمله آمنوره یا الیگومنوره، هیرسوتیسم، آکنه، چاقی مرکزی، مقاومت به انسولین و هیپرآندروژنیسم همراه است (۳). از نظر تشخیصی، معیارهای روتردام به‌طور گسترده برای تشخیص این سندرم مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر اساس این معیارها، وجود حداقل دو مورد از سه ویژگی شامل اختلال در تخمک‌گذاری، هیپرآندروژنیسم بالینی یا بیوشیمیایی و مورفولوژی پلی‌کیستیک تخمدان در سونوگرافی، پس از رد سایر علل مرتبط، برای تشخیص سندرم تخمدان پلی‌کیستیک کافی است (۴).

در میان عوامل مرتبط با بروز و تشدید تظاهرات سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، کم‌تحرکی، چاقی، التهاب مزمن و کمبود ویتامین D از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۳، ۵، ۶). به‌ویژه، شواهد فزاینده نشان می‌دهند که شیوع کمبود ویتامین D در زنان مبتلا به این سندرم، در مقایسه با جمعیت عمومی، بیشتر است و این کمبود ممکن است در تشدید مقاومت به انسولین، اختلالات قاعدگی و تظاهرات هیپرآندروژنیک نقش داشته باشد (۷، ۸). مطالعات مشاهده‌ای گزارش کرده‌اند که حدود ۸۵-۶۷٪ از زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، دارای غلظت سرمی ۲۵-هیدروکسی‌ویتامین D کمتر از ۲۰ نانوگرم در میلی‌لیتر هستند (۲). ویتامین D از طریق اتصال به گیرنده اختصاصی خود (VDR)[2] در بافت‌هایی از جمله تخمدان، عضلات اسکلتی و بافت چربی، می‌تواند بر مسیرهای سلولی مرتبط با متابولیسم گلوکز، حساسیت به انسولین و تنظیم هورمون‌های جنسی تأثیر بگذارد (۹).

در کنار ویتامین D، فعالیت بدنی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای غیردارویی در مدیریت سندرم تخمدان پلی‌کیستیک شناخته می‌شود. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که انواع مختلف تمرینات ورزشی، از جمله تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی، می‌توانند به بهبود وزن بدن، ترکیب بدن، حساسیت به انسولین و برخی اختلالات قاعدگی در زنان مبتلا به این سندرم کمک کنند (۱۰، ۱۱). در میان این روش‌ها، تمرین ترکیبی که ویژگی‌های تمرینات هوازی و مقاومتی را در قالب یک برنامه واحد ادغام می‌کند، مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته است؛ زیرا امکان بهره‌مندی هم‌زمان از مزایای عملکردی هر دو نوع تمرین را فراهم می‌سازد (۱۲).

شواهد موجود همچنین حاکی از آن است که مکمل‌یاری ویتامین D و تمرینات ورزشی ممکن است به‌صورت مستقل بر برخی پیامدهای هورمونی مرتبط با سندرم تخمدان پلی‌کیستیک تأثیرگذار باشند. راشاد و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که مکمل‌یاری ویتامین D می‌تواند موجب بهبود برخی شاخص‌های آندروژنی در زنان مبتلا به این سندرم شود (۱۳). همچنین، پادتن و همکاران (۲۰۲۰) اثربخشی تمرینات ورزشی، به‌ویژه تمرینات با شدت بالا، را در بهبود مقاومت به انسولین در این بیماران نشان دادند (۱۰). در مقابل، حاجی‌زاده و همکاران (۲۰۲۳) تفاوت معنی‌داری در تأثیر مصرف ویتامین D بر مقاومت به انسولین بین دو گروه از زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک مشاهده نکردند (۱۴). یافته‌های فراتحلیل کاظمی‌نسب و همکاران (۲۰۲۳) نیز بر نقش مهم تمرینات ورزشی، شامل تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی، به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تغییر سبک زندگی در بهبود عملکرد تخمدان‌ها تأکید دارد. بر اساس نتایج این مطالعه، تمرینات ورزشی می‌توانند به‌عنوان راهکاری غیردارویی برای بهبود ترکیب بدن، کاهش مقاومت به انسولین و پیشگیری از دیابت در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک پیشنهاد شوند (۱۵). بااین‌حال، شواهد مربوط به اثربخشی انواع و شیوه‌های مختلف تمرینات ورزشی در زنان مبتلا به این سندرم

[1] Polycystic Ovary Syndrome
[2] Vitamin D Receptor

همچنان یکسان نیست. کولومبو و همکاران (۲۰۲۳) در یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل، بر محدودیت شواهد موجود و ضرورت انجام مطالعات بیشتر برای تعیین اثربخشی روش‌های ورزشی اختصاصی در مدیریت سندرم تخمدان پلی‌کیستیک تأکید کردند (۱۶). از سوی دیگر، نتایج مطالعه نصیری و همکاران (۲۰۲۵) نشان داد که تمرینات ترکیبی شامل تمرینات قدرتی و استقامتی می‌توانند تأثیرات مثبتی بر برخی شاخص‌های مرتبط با این سندرم داشته باشند (۱۷).

با وجود شواهد موجود درباره فواید بالقوه تمرینات ورزشی و مکمل‌یاری ویتامین D، اطلاعات محدودی درباره اثرات هم‌زمان و تعاملی این دو مداخله بر شاخص‌های آنتروپومتریک و هورمونی زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک وجود دارد. ازاین‌رو، با توجه به شیوع بالای این سندرم، پیامدهای تولیدمثلی آن و ضرورت توسعه رویکردهای غیردارویی ایمن و قابل‌اجرا، بررسی اثرات ترکیبی این دو مداخله می‌تواند از اهمیت بالینی برخوردار باشد. بر همین اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات تمرینات ترکیبی، مکمل‌یاری ویتامین D و ترکیب این دو مداخله بر شاخص‌های آنتروپومتریک و پروفایل هورمونی زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک انجام شد.

## روش‌کار

### طرح پژوهش

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون همراه با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک (PCOS) ساکن شهر قم در سال ۱۴۰۱ بودند که ابتلای آن‌ها بر اساس معیارهای تشخیصی روتردام و با تأیید سونوگرافیک توسط متخصص زنان احراز شد. حجم نمونه موردنیاز پیش از آغاز پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار G*Power و با در نظر گرفتن آزمون تحلیل کوواریانس، سطح معنی‌داری ۰/۰۵، توان آماری ۸۰٪ (β=۰/۲۰) و اندازه اثر مفروض ۰/۵ برآورد شد. در ابتدا، ۴۲ زن مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک با روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند و سپس از طریق قرعه‌کشی به‌طور تصادفی در چهار گروه کنترل، تمرین، مکمل ویتامین D و تمرین همراه با مکمل ویتامین D تخصیص یافتند. طی دوره مداخله، ۸ نفر به دلایل شخصی از ادامه همکاری در پژوهش انصراف دادند. در نهایت، داده‌های ۳۴ شرکت‌کننده شامل گروه کنترل (۸ نفر)، گروه تمرین (۹ نفر)، گروه مکمل ویتامینD (۸ نفر) و گروه تمرین همراه با مکمل ویتامین D (۹ نفر) در تحلیل نهایی وارد شدند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل: ابتلاء به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک بر اساس معیارهای روتردام (وجود حداقل ۲ مورد از ۳ معیار شامل اختلال در تخمک‌گذاری، هیپرآندروژنیسم بالینی یا بیوشیمیایی و مورفولوژی پلی‌کیستیک تخمدان در سونوگرافی)، سن ۴۰-۲۰ سال، عدم مصرف مکمل‌های غذایی یا داروهای هورمونی طی ۳ ماه پیش از شروع مطالعه، نداشتن بیماری‌های شدید قلبی - عروقی، کلیوی، کبدی و متابولیک و ارائه رضایت‌نامه آگاهانه کتبی بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل: بارداری یا شیردهی، ابتلاء به دیابت نوع ۲، فشارخون کنترل نشده، بیماری‌های تیروئیدی کنترل نشده، مصرف داروهای مؤثر بر متابولیسم (مانند متفورمین و کلومیفن) و عدم همکاری یا غیبت از بیش از ۲ جلسه تمرینی طی دوره مداخله بود.

### پروتکل مداخله‌ای

پروتکل تمرینی و مکمل‌یاری

گروه‌های تمرینی به‌مدت ۸ هفته و با تواتر ۳ جلسه در هفته، در برنامه تمرینی ترکیبی شرکت کردند. این برنامه شامل سه بخش زیر بود:

۱- تمرینات تعلیقی تی‌آرایکس (TRX) (روز اول هفته): این بخش شامل ۸ حرکت اصلی (مانند شنا، اسکات، پلانک و لانژ) بود که هر حرکت در ۳ ست و با ۱۵-۱۰ تکرار انجام شد.

۲- تمرینات دایره‌ای[1] (روز دوم هفته): این بخش شامل ۸ ایستگاه مختلف، متشکل از تمرینات هوازی (مانند پرش روی جعبه و دویدن درجا) و تمرینات قدرتی بود. مدت فعالیت در هر ایستگاه ۴۵ ثانیه و زمان استراحت

[1] Circuit Training

۱۵ ثانیه در نظر گرفته شد و شرکت‌کنندگان ۳ دور کامل از مدار تمرینی را اجرا کردند.

۳- تمرینات هوازی (روز سوم هفته): این بخش شامل ۳۰ دقیقه دویدن یا پیاده‌روی با سرعت متوسط و با شدت معادل ۷۰-۶۰٪ حداکثر ضربان قلب بود.

**مکمل‌یاری ویتامین D**

شرکت‌کنندگان گروه‌های دریافت‌کننده ویتامین D، روزانه یک کپسول حاوی ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین $D_3$ (کوله‌کلسیفرول) را به‌صورت خوراکی و همراه با وعده صبحانه، به‌مدت ۸ هفته مصرف کردند. دوز و نوع مکمل با نظر مشورتی متخصص زنان تأیید شد. همچنین، ضربان قلب شرکت‌کنندگان با استفاده از انگشتان اشاره و میانی به‌صورت دستی کنترل شد.

**اندازه‌گیری‌ها و ابزارهای سنجش**

**شاخص‌های آنتروپومتریک**

برای اندازه‌گیری وزن بدن از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ کیلوگرم و برای اندازه‌گیری قد از دستگاه استادیومتر با دقت ۰/۵ سانتی‌متر استفاده شد. همچنین، نسبت دور کمر به دور باسن (WHR)[1] با استفاده از نوار اندازه‌گیری انعطاف‌پذیر (متر پارچه‌ای)، از طریق اندازه‌گیری محیط باریک‌ترین قسمت کمر و گسترده‌ترین قسمت باسن محاسبه شد. شاخص توده بدنی (BMI) نیز از تقسیم وزن بدن بر مجذور قد بر حسب متر محاسبه شد (۱۸، ۱۹).

برای اندازه‌گیری نسبت دور کمر به دور باسن (WHR)، با استفاده از متر خیاطی، محیط کوچک‌ترین ناحیه پیرامونی کمر آزمودنی‌ها (در حد فاصل نیمه بین زائده خنجری جناغ سینه و ناف) و محیط بزرگ‌ترین ناحیه پیرامونی باسن اندازه‌گیری شد. سپس، نسبت محیط کمر به محیط باسن محاسبه گردید (۲۰).

برای اندازه‌گیری قد و وزن شرکت‌کنندگان، از دستگاه اندازه‌گیری قد و وزن با برند «دنا توزین»، ساخت کشور ایران، استفاده شد. دقت اندازه‌گیری این دستگاه برای قد ۰/۵ سانتی‌متر و برای وزن ۲۰ گرم بود.

**اندازه‌گیری شاخص‌های هورمونی و ویتامین D**

برای سنجش سطوح سرمی هورمون لوتئینه‌کننده (LH)[2]، هورمون محرک فولیکول (FSH)[3]، گلوبولین متصل‌شونده به هورمون‌های جنسی (SHBG)[4] و ویتامین D، از روش سنجش ایمنی آنزیمی (ELISA)[5] و کیت‌های اختصاصی استفاده شد. کیت اندازه‌گیری SHBG (با ظرفیت ۹۶ آزمون) از برند دیامترا، ساخت کشور آمریکا و کیت‌های اندازه‌گیری LH، FSH و ویتامین D (هرکدام با ظرفیت ۹۶ آزمون) از برند مونوبایند، ساخت کشور آمریکا بودند. نمونه‌گیری خون در دو مرحله، شامل پیش از شروع مداخله و پس از آخرین جلسه تمرینی (پایان هفته هشتم)، از طریق ورید بازویی انجام شد. پس از سانتریفیوژ نمونه‌های خون و جداسازی سرم، نمونه‌ها برای اندازه‌گیری شاخص‌های موردنظر مورد آزمایش قرار گرفتند. به‌منظور انجام آزمایش‌های مرحله دوم، نمونه‌های سرمی مرحله اول به‌مدت ۲ ماه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شدند.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها**

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۲) انجام شد. داده‌های کمّی به‌صورت میانگین و انحراف معیار گزارش شدند. برای مقایسه مقادیر پیش‌آزمون بین چهار گروه، از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد. همچنین، با توجه به ساختار فاکتوریل ۲×۲ پژوهش، به‌منظور بررسی اثرات مستقل و تعاملی تمرین و مکمل‌یاری ویتامین D بر متغیرهای وابسته، از تحلیل کوواریانس فاکتوریل استفاده شد. در این تحلیل، وضعیت شرکت در تمرین (دارد/ ندارد) و دریافت مکمل ویتامین D (دارد/ ندارد) به‌عنوان عوامل مستقل و مقادیر پیش‌آزمون هر متغیر به‌عنوان متغیر هم‌پراش وارد مدل شدند. اثر اصلی تمرین، اثر اصلی مکمل و اثر متقابل تمرین و مکمل بر مقادیر پس‌آزمون وزن بدن، شاخص توده بدنی، نسبت دور کمر به دور باسن و شاخص‌های هورمونی LH، FSH و SHBG به‌صورت جداگانه بررسی شدند.

[1] Waist–hip ratio

[2] Luteinizing Hormone
[3] Follicle-stimulating hormone
[4] Sex Hormone Binding Globulin
[5] Enzyme-linked immunosorbent assay

پیش از اجرای تحلیل کوواریانس، پیش‌فرض‌های آماری مدل شامل نرمال بودن باقی‌مانده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک و نمودارهای احتمال نرمال، همگنی واریانس خطاها با استفاده از آزمون لون، خطی بودن رابطه بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون از طریق بررسی نمودارهای پراکنش و همگنی شیب‌های رگرسیون با بررسی اثر متقابل گروه و پیش‌آزمون ارزیابی شدند (۲۱، ۲۲). همچنین، باقی‌مانده‌های استاندار دشده از نظر وجود مشاهدات پرت و تأثیرگذار بررسی شدند.

نتایج تحلیل‌ها با استفاده از آماره F، سطح معنی‌داری و مجذور اتای جزئی به‌عنوان شاخص اندازه اثر گزارش شدند. همچنین، میانگین‌های تعدیل‌شده پس‌آزمون و فواصل اطمینان ۹۵٪ برای برآورد اثرات ارائه شدند. در موارد مقتضی، مقایسه‌های زوجی بین گروه‌ها با استفاده از اصلاح بونفرونی انجام شد (۲۳). میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

### یافته‌های مربوط به شاخص‌های آنتروپومتریک

در این مطالعه، ۳۴ زن مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک در چهار گروه کنترل (۸ نفر)، مکمل ویتامینD (۸ نفر)، تمرین (۹ نفر) و تمرین همراه با مکمل ویتامین D (۹ نفر) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج مقایسه مقادیر پیش‌آزمون با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) نشان داد که بین چهار گروه از نظر وزن بدن [p=۰/۲۸۸، ۱/۳۱۵= F(۳/۳۰)]، شاخص توده بدنی [p=۰/۴۵۰، ۰/۹۰۵= F(۳/۳۰)]، نسبت دور کمر به باسن [p=۰/۶۴۵، ۰/۵۶۱= F(۳/۳۰)]، LH [p=۰/۴۷۰، ۰/۸۶۴= F(۳/۳۰)]، FSH [p=۰/۱۲۷، ۲/۰۵۶= F(۳/۳۰)] وSHBG [p=۰/۱۷۳، ۱/۷۷۸= F(۳/۳۰)] تفاوت آماری معنی‌داری شناسایی نشد. مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

**جدول ۱- مقادیر شاخص‌های آنتروپومتریک و هورمونی در چهار گروه پیش و پس از مداخله**

| متغیر | زمان | کنترل (۸ نفر) | مکمل (۸ نفر) | تمرین (۹ نفر) | تمرین + مکمل (۹ نفر) |
|---|---|---|---|---|---|
| وزن (کیلوگرم) | پیش‌آزمون | ۸۳/۲۴±۹/۲۰ | ۷۶/۲۰±۱۱/۸۰ | ۷۹/۴۰± ۸/۰۷ | ۸۴/۲۰±۷/۸۰ |
| | پس‌آزمون | ۸۳/۱۸±۹/۳۷ | ۷۴/۹۸±۱۲/۰۳ | ۷۴/۲۰±۸/۳۰ | ۷۹/۶۰±۸/۰۴ |
| BMI (کیلوگرم بر مترمربع) | پیش‌آزمون | ۳۰/۱۲±۳/۸۲ | ۲۸/۹۲±۴/۲۰ | ۳۰/ ۲۰±۳/۰۲ | ۳۱/۹۵±۴/۲۴ |
| | پس‌آزمون | ۳۰/۱۰±۳/۸۶ | ۲۸/۴۶±۴/۲۶ | ۲۸/۲۰±۳/۰۷ | ۳۰/۲۰±۴/۲۰ |
| WHR | پیش‌آزمون | ۰/۹۱۵±۰/۰۸۰ | ۰/۹۱۵ ±۰/۰۴۰ | ۰/۹۲۳±۰/۰۸۰ | ۰/۸۸۴±۰/۰۶۶ |
| | پس‌آزمون | ۰/۹۱۵±۰/۰۷۰ | ۰/۹۱۱ ±۰/۰۴۰ | ۰/۸۹۸ ±۰/۰۹۰ | ۰/۸۷۵±۰/۰۷۱ |
| LH | پیش‌آزمون | ۱۰/۹۸ ±۵/۲۹ | ۱۲/۶۵± ۷/۲۹ | ۱۳/۸۵ ± ۴/۸۶ | ۹/۳۱±۷/۵۱ |
| | پس‌آزمون | ۱۰/۰۷±۵/۲۵ | ۱۱/۷۵±۴/۴۳ | ۱۴/۲۸±۳ /۵۹ | ۸/۶۹± ۴/۲۰ |
| FSH | پیش‌آزمون | ۳/۳۴±۲/۰۲ | ۴/۷۰±۲/۱۰ | ۴/۷۲±۱/۳۲ | ۵/۶۱±۲/۰۶ |
| | پس‌آزمون | ۴/۹۸±۲/۲۳ | ۵/۹۲±۱/۵۷ | ۵/۵۶±۱/۶۴ | ۵/۷۴±۳/۶۷ |
| SHBG | پیش‌آزمون | ۱۶/۸۷ ±۹/۶۴ | ۲۳/۹۲±۱۵/۷۶ | ۱۹/۰۶±۸/۱۶ | ۲۸/۸۰±۱۲/۲۱ |
| | پس‌آزمون | ۱۷/۹۵±۱۰ /۵۰ | ۱۷/۱۴±۷/۳۷ | ۲۴/۳۲±۱۳/۷۴ | ۱۸/۷۳±۷/۰۵ |

مقادیر به‌صورت انحراف معیار ± میانگین ارائه شده‌اند.

### پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس

پیش از اجرای تحلیل کوواریانس، پیش‌فرض‌های آماری مربوط به مدل مورد بررسی قرار گرفتند. نرمال بودن توزیع باقی‌مانده‌های مدل با استفاده از آزمون شاپیروویلک و نمودارهای احتمال نرمال ارزیابی شد. همچنین، بررسی نمودارهای پراکنش و نمودارهای باقی‌مانده‌ها، خطی بودن رابطه بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون را تأیید کرد.

به‌منظور بررسی همگنی واریانس خطاها، از آزمون لون استفاده شد که نتایج آن برای تمامی متغیرهای مورد مطالعه غیرمعنی‌دار بود (p>۰/۰۵). علاوه بر این، همگنی شیب‌های رگرسیون از طریق بررسی اثر متقابل

گروه و مقادیر پیش‌آزمون در مدل تحلیل کوواریانس ارزیابی شد که بر اساس نتایج، این اثر متقابل برای هیچ‌یک از متغیرهای وزن بدن، شاخص توده بدنی، نسبت دور کمر به دور باسن، LH، FSH و SHBG معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵).

همچنین بررسی باقی‌مانده‌های استاندارد شده، شواهد قابل‌توجهی از وجود داده‌های پرت تأثیرگذار یا نقض مفروضات مدل نشان نداد. استقلال مشاهدات نیز با توجه به ساختار پژوهش و مستقل بودن شرکت‌کنندگان در نظر گرفته شد. در مجموع، نتایج بررسی‌های تشخیصی با پیش‌فرض‌های موردنیاز برای اجرای تحلیل کوواریانس سازگار بود؛ بنابراین، تحلیل‌های اصلی با کنترل مقادیر پیش‌آزمون انجام شدند.

**اثر مداخلات بر شاخص‌های آنتروپومتریک**

میانگین وزن بدن پس از ۸ هفته در گروه‌های تمرین و تمرین همراه با مکمل ویتامین D به‌ترتیب ۵/۲۰ و ۴/۶۰ کیلوگرم کاهش یافت؛ درحالی‌که میزان کاهش وزن در گروه مکمل ویتامین D برابر با ۱/۲۲ کیلوگرم و در گروه کنترل ۰/۰۶ کیلوگرم بود. نتایج تحلیل کوواریانس، با تعدیل مقادیر اولیه وزن بدن، نشان داد که تفاوت کلی بین چهار گروه از نظر وزن پس‌آزمون معنی‌دار بود [$\eta_p^2$=۰/۵۳۰، p<۰/۰۰۱، F(۳/۲۹) =۱۰/۹۰۸].

در مدل فاکتوریل، اثر اصلی تمرین معنی‌دار بود [$\eta_p^2$=۰/۵۱۵، p<۰/۰۰۱، F(۲۹/۱) =۳۰/۸۳۴]، درحالی‌که اثر اصلی مکمل ویتامین [p=۰/۷۱۱، F(۲۹/۱) =۰/۱۴۰] و اثر متقابل تمرین و مکمل [p=۰/۲۶۹، F(۲۹/۱) =۱/۲۶۸] معنی‌دار نبودند.

میانگین‌های تعدیل‌شده وزن پس‌آزمون در گروه‌های کنترل، مکمل ویتامین D، تمرین و تمرین همراه با مکمل ویتامین D، به‌ترتیب ۸۰/۷۷، ۷۹/۵۸، ۷۵/۶۲ و ۷۶/۲۴ کیلوگرم بود. همچنین، اختلاف میانگین تعدیل‌شده نشان داد که تمرین با ۴/۲۵ کیلوگرم کاهش بیشتر وزن بدن همراه بود (فاصله اطمینان ۹۵٪: ۵/۸۲- تا ۲/۶۹-).

الگوی مشابهی در شاخص توده بدنی (BMI) مشاهده شد. میانگین BMI در گروه‌های تمرین و تمرین همراه با مکمل ویتامین D به‌ترتیب ۲/۰۰ و ۱/۷۵ واحد کاهش یافت؛ درحالی‌که میزان کاهش در گروه مکمل ویتامین D برابر با ۰/۴۶ واحد و در گروه کنترل ۰/۰۲ واحد بود. نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت کلی بین چهار گروه از نظر BMI معنی‌دار بود [$\eta_p^2$=۰/۵۲۲، p<۰/۰۰۱، F(۳/۲۹) =۱۰/۵۴۶]. همچنین، اثر اصلی تمرین معنی‌دار بود [$\eta_p^2$=۰/۵۰۳، p<۰/۰۰۱، F(۲۹/۱) =۲۹/۴۰۴]، اما اثر اصلی مکمل ویتامین (p=۰/۷۵۸) و اثر متقابل تمرین و مکمل (p=۰/۲۲۰) معنی‌دار نبودند. اختلاف میانگین تعدیل‌شده نشان داد که تمرین با کاهش ۱/۶۱ واحدی بیشتر در BMI همراه بود (فاصله اطمینان ۹۵٪: ۲/۲۱- تا ۱/۰۰-).

در مورد نسبت دور کمر به دور باسن (WHR)، تفاوت کلی بین چهار گروه پس از تعدیل مقادیر اولیه به سطح معنی‌داری آماری نرسید [$\eta_p^2$=۰/۲۲۳، p=۰/۰۵۹، F(۳/۲۹) =۲/۷۷۷]، بااین‌حال، اثر اصلی تمرین در مدل فاکتوریل معنی‌دار بود [$\eta_p^2$=۰/۱۵۱، p=۰/۰۳۱، F(۲۹/۱) =۵/۱۵۷]. اختلاف میانگین تعدیل‌شده نیز نشان داد که تمرین با کاهش ۰/۰۱۵۱ واحدی بیشتر در WHR همراه بود (فاصله اطمینان ۹۵٪: ۰/۰۲۸۷- تا ۰/۰۰۱۵-). اثر اصلی مکمل ویتامین (p=۰/۳۸۹) و اثر متقابل تمرین و مکمل (p=۰/۱۵۲) نیز معنی‌دار نبودند.

**اثر مداخلات بر شاخص‌های هورمونی**

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت کلی بین چهار گروه از نظر سطوح سرمی LH، پس از تعدیل مقادیر پیش‌آزمون، معنی‌دار نبود [$\eta_p^2$=۰/۱۵۱، p=۰/۱۸۵، F(۳/۲۹) =۱/۷۱۷]، همچنین، اثر اصلی تمرین (p=۰/۵۷۵)، اثر اصلی مکمل ویتامین (p=۰/۲۷۵) و اثر متقابل دو مداخله (p=۰/۰۷۳) به سطح معنی‌داری آماری نرسیدند.

در مورد FSH نیز تفاوت کلی بین چهار گروه معنی‌دار نبود [$\eta_p^2$=۰/۰۱۹، p=۰/۹۰۵، F(۳/۲۹) =۰/۱۸۶]. همچنین، اثر اصلی تمرین (p=۰/۸۳۰)، اثر اصلی مکمل ویتامین (p=۰/۵۴۳) و اثر متقابل تمرین و مکمل (p=۰/۶۶۳) معنی‌دار نبودند.

در مورد SHBG، تفاوت کلی بین چهار گروه معنی‌دار نبود [$\eta_p^2$=۰/۱۷۴، p=۰/۱۳۱، ۲/۰۳۷= F(۳/۲۹)]. همچنین، اثر اصلی تمرین (p=۰/۴۳۱) و اثر متقابل تمرین و مکمل ویتامین (p=۰/۳۴۵) معنی‌دار نبودند. در مقابل، اثر اصلی مکمل ویتامین D در سطح اسمی ۰/۰۵، از نظر آماری معنی‌دار بود [$\eta_p^2$=۰/۱۲۶، p=۰/۰۴۹۷، ۴/۱۹۵= F(۲۹/۱)]. میانگین‌های تعدیل‌شده SHBG در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل، پایین‌تر از مقادیر متناظر در گروه‌های فاقد مکمل بود. با توجه به نزدیکی مقدار P به آستانه معنی‌داری آماری و تعدد پیامدهای مورد بررسی، این یافته باید با احتیاط تفسیر شود.

میانگین‌های تعدیل‌شده تمامی پیامدها در جدول ۲ و نتایج کامل تحلیل فاکتوریل در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

**جدول ۲- میانگین‌های تعدیل شده پس‌آزمون در چهار گروه با کنترل مقادیر پیش‌آزمون**

| متغیر | گروه‌بندی | | | |
|---|---|---|---|---|
| | کنترل | مکمل | تمرین | تمرین + مکمل |
| وزن (کیلوگرم) | ۸۰/۷۷۱ | ۷۹/۵۸۲ | ۷۵/۶۱۵ | ۷۶/۲۳۵ |
| شاخص توده بدنی | ۳۰/۳۱۹ | ۲۹/۸۵۹ | ۲۸/۳۴۱ | ۲۸/۶۲۱ |
| نسبت دور کمر به دور باسن | ۰/۹۰۹۰ | ۰/۹۰۵۰ | ۰/۸۸۴۰ | ۰/۸۹۹۷ |
| هورمون لوتئینه‌کننده | ۱۰/۳۷۶ | ۱۱/۳۳۶ | ۱۳/۳۴۹ | ۹/۷۱۶ |
| هورمون محرک فولیکول | ۴/۹۸۶ | ۵/۹۲۰ | ۵/۵۶۰ | ۵/۷۳۶ |
| گلوبولین متصل‌شونده به هورمون‌های جنسی | ۲۰/۲۲۹ | ۱۶/۴۴۲ | ۲۵/۶۷۴ | ۱۵/۹۷۱ |

میانگین‌های تعدیل‌شده با در نظرگرفتن مقدار پیش‌آزمون همان متغیر به‌عنوان کوواریبت محاسبه شده‌اند.

**جدول ۳- نتایج تحلیل کوواریانس فاکتوریل ۲×۲ برای اثرهای اصلی تمرین، مکمل و تعامل آنها**

| متغیر | اثر | F | سطح معنی‌داری | مجذور اتای جزئی |
|---|---|---|---|---|
| وزن | تفاوت کلی چهار گروه | ۱۰/۹۰۸ | <۰/۰۰۱ | ۰/۵۳۰ |
| | تمرین | ۳۰/۸۳۴ | <۰/۰۰۱ | ۰/۵۱۵ |
| | مکمل | ۰/۱۴۰ | ۰/۷۱۱ | ۰/۰۰۵ |
| | تمرین × مکمل | ۱/۲۶۸ | ۰/۲۶۹ | ۰/۰۴۲ |
| شاخص توده بدنی | تفاوت کلی چهار گروه | ۱۰/۵۴۶ | <۰/۰۰۱ | ۰/۵۲۲ |
| | تمرین | ۲۹/۴۰۴ | <۰/۰۰۱ | ۰/۵۰۳ |
| | مکمل | ۰/۰۹۷ | ۰/۷۵۸ | ۰/۰۰۳ |
| | تمرین × مکمل | ۱/۵۶۹ | ۰/۲۲۰ | ۰/۰۵۱ |
| نسبت دور کمر به دور باسن | تفاوت کلی چهار گروه | ۲/۷۷۷ | ۰/۰۵۹ | ۰/۲۲۳ |
| | تمرین | ۵/۱۵۷ | ۰/۰۳۱ | ۰/۱۵۱ |
| | مکمل | ۰/۷۶۴ | ۰/۳۸۹ | ۰/۰۲۶ |
| | تمرین × مکمل | ۲/۱۶۶ | ۰/۱۵۲ | ۰/۰۶۹ |
| هورمون لوتئینه‌کننده | تفاوت کلی چهار گروه | ۱/۷۱۷ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۵۱ |
| | تمرین | ۰/۳۲۱ | ۰/۵۷۵ | ۰/۰۱۱ |
| | مکمل | ۱/۲۳۶ | ۰/۲۷۵ | ۰/۰۴۱ |
| | تمرین × مکمل | ۳/۴۶۷ | ۰/۰۷۳ | ۰/۱۰۷ |
| هورمون محرک فولیکول | تفاوت کلی چهار گروه | ۰/۱۸۶ | ۰/۹۰۵ | ۰/۰۱۹ |
| | تمرین | ۰/۰۴۷ | ۰/۸۳۰ | ۰/۰۰۲ |
| | مکمل | ۰/۳۷۹ | ۰/۵۴۳ | ۰/۰۱۳ |
| | تمرین × مکمل | ۰/۱۹۴ | ۰/۶۶۳ | ۰/۰۰۷ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| گلوبولین | تفاوت کلی چهار گروه | ۲/۰۳۷ | ۰/۱۳۱ | ۰/۱۷۴ |
| متصل‌شونده به | تمرین | ۰/۶۳۷ | ۰/۴۳۱ | ۰/۰۲۱ |
| هورمون‌های | مکمل | ۴/۱۹۵ | ۰/۰۴۹۷ | ۰/۱۲۶ |
| جنسی | تمرین × مکمل | ۰/۹۲۰ | ۰/۳۴۵ | ۰/۰۳۱ |

درجه آزادی آزمون کلی چهار گروه برابر ۳ و ۲۹ و درجه آزادی هر یک از اثرهای اصلی و تعامل برابر ۱ و ۲۹ است. مجذور اتای جزئی شاخص اندازه اثر است.

## بحث

در مطالعه حاضر ۸ هفته تمرین ترکیبی، به‌تنهایی یا در ترکیب با مکمل‌یاری روزانه ویتامین D، با کاهش وزن بدن و شاخص توده بدنی (BMI) در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک همراه بود. همچنین، اثر اصلی تمرین بر نسبت دور کمر به دور باسن (WHR) معنی‌دار بود؛ هرچند تفاوت کلی بین چهار گروه از نظر این شاخص به سطح معنی‌داری آماری نرسید. در مقابل، مداخلات تأثیر معنی‌داری بر سطوح LH و FSH نداشتند. در مورد SHBG نیز اثر اصلی مکمل ویتامین D از نظر آماری معنی‌دار بود که با کاهش میانگین تعدیل‌شده این هورمون همراه شد؛ بااین‌حال، این یافته با توجه به نزدیکی مقدار P به آستانه معنی‌داری، نیازمند تفسیر محتاطانه است.

این یافته‌ها با نتایج مطالعات متعددی همسو هستند که بر نقش تمرینات ورزشی در مدیریت تظاهرات متابولیکی مرتبط با سندرم تخمدان پلی‌کیستیک تأکید کرده‌اند. کاهش وزن و BMI در گروه‌های تمرینی با یافته‌های پاتن و همکاران (۲۰۲۰) و هوگر (۲۰۰۶) همخوانی داشت که بر نقش فعالیت بدنی در مدیریت چاقی و اختلالات متابولیکی مرتبط با این سندرم تأکید کرده‌اند. افزایش مصرف انرژی، بهبود حساسیت به انسولین و تغییرات در ترکیب بدن از جمله سازوکارهای احتمالی تبیین‌کننده اثرات مثبت تمرین هستند؛ هرچند این سازوکارها در پژوهش حاضر به‌طور مستقیم بررسی نشدند (۱۰، ۲۴).

در پژوهش حاضر، بیشترین میزان کاهش وزن و BMI در گروه تمرین به‌تنهایی مشاهده شد و افزودن مکمل ویتامین D به برنامه تمرینی، بهبود بیشتری در این شاخص‌ها ایجاد نکرد. همچنین، معنی‌دار نبودن اثر اصلی مکمل و اثر متقابل تمرین و مکمل نشان داد که شواهد آماری کافی برای تأیید اثر افزایشی مکمل ویتامین D بر شاخص‌های آنتروپومتریک وجود ندارد. البته، اندازه‌گیری نشدن سطح سرمی ۲۵-هیدروکسی‌ویتامین D پیش و پس از مداخله، از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود؛ زیرا وضعیت اولیه ویتامین D شرکت‌کنندگان و میزان پاسخ آن‌ها به مکمل‌یاری مشخص نبود.

این یافته با نتایج مطالعه راشاد و همکاران (۲۰۱۹) که گزارش کردند مکمل‌یاری ویتامین D می‌تواند به‌طور مستقل بر کاهش چربی بدن تأثیرگذار باشد، همخوانی نداشت (۱۳). بااین‌حال، تفاوت در دوز مکمل مصرفی (۱۰۰۰ واحد بین‌المللی در پژوهش حاضر در مقایسه با ۴۰۰۰ واحد در برخی مطالعات)، مدت مداخله (۸ هفته در مقایسه با ۱۲ هفته یا بیشتر) و حجم نمونه می‌تواند از عوامل احتمالی مؤثر بر تفاوت نتایج باشد.

در همین راستا، بالوق و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند که مقاومت به انسولین، شاخص توده بدنی و کمبود ویتامین D ارتباط نزدیکی با یکدیگر و با شدت سندرم تخمدان پلی‌کیستیک دارند؛ به‌طوری‌که این ارتباط با سطح آندروژن‌ها نیز تأیید می‌شود. یافته‌های این مطالعه بر اهمیت مکمل‌یاری ویتامین D و بهبود متابولیسم کربوهیدرات‌ها در کاهش تظاهرات بیماری و خطرات سلامت در بلندمدت تأکید دارند (۷). بااین‌حال، اگرچه مکمل‌یاری ویتامین D در مطالعات مختلف اثرات متفاوتی در مدیریت سندرم تخمدان پلی‌کیستیک نشان داده است، نباید آن را به‌عنوان یک مداخله درمانی مستقل برای این سندرم در نظر گرفت (۲).

یکی از یافته‌های پژوهش حاضر، معنی‌دار نبودن اثر مداخلات بر سطوح سرمی LH و FSH بود. در مورد SHBG، اگرچه تفاوت کلی بین چهار گروه معنی‌دار نبود، اثر اصلی مکمل‌یاری ویتامین D در سطح ۰/۰۵ از نظر آماری معنی‌دار بود (p=۰/۰۴۹۷) و میانگین

تعدیل‌شده این هورمون در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل پایین‌تر بود. این یافته با نتایج مطالعاتی که افزایش سطح SHBG را پس از مکمل‌یاری ویتامینD گزارش کرده‌اند، همخوانی نداشت (۵). بااین‌حال، با توجه به حجم نمونه محدود، نزدیکی مقدار P به آستانه معنی‌داری و بررسی هم‌زمان چندین پیامد، تفسیر این نتیجه نیازمند احتیاط است.

از سوی دیگر، معنی‌دار نبودن تغییرات LH و FSH با یافته‌های اسماعیل‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) همسو بود؛ آنان نیز پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی، تغییر معنی‌داری در سطوح این دو هورمون مشاهده نکردند (۲۵). به‌نظر می‌رسد شباهت در حجم نمونه و مدت‌زمان مداخله بتواند تا حدودی نتایج مشابه این دو پژوهش را توضیح دهد. همچنین، در مطالعه مروری شله و همکاران (۲۰۲۰)، نتایج نشان داد که تمرینات ترکیبی نیز تغییر معنی‌داری در سطوح LH و FSH زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک ایجاد نمی‌کنند (۲۶).

مشاهده نشدن تغییرات معنی‌دار در سطوح LH و FSH ممکن است تا حدودی به کوتاه بودن مدت زمان مداخله مربوط باشد. همان‌طور که در مطالعه جمالیان و همکاران (۲۰۱۸) اشاره شده است، ایجاد تغییرات قابل‌توجه در سطوح هورمون‌های جنسی ممکن است به مداخلات طولانی‌تر (حداقل ۱۲ هفته) و احتمالاً دوزهای بالاتر ویتامین D نیاز داشته باشد (۲۷). علاوه بر این، سازوکارهای مولکولی ویتامین D در تنظیم ژن‌های مرتبط با سنتز آندروژن‌ها ممکن است به زمان بیشتری نیاز داشته باشند و پاسخ‌های هورمونی در مقایسه با تغییرات متابولیک، با تأخیر بیشتری ظاهر شوند (۲۸).

پژوهش حاضر با بررسی هم‌زمان اثرات تمرین ترکیبی، به‌ویژه تمرینات تعلیقی TRXو مکمل‌یاری ویتامین D در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، می‌تواند زمینه مناسبی برای انجام مطالعات آینده فراهم کند. بااین‌حال، حجم نمونه محدود، کوتاه بودن دوره مداخله، اندازه‌گیری نشدن سطح سرمی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D و بررسی نشدن برخی شاخص‌های التهابی و متابولیکی، از جمله محدودیت‌های این مطالعه بودند که لازم است در پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرند.

### محدودیت‌ها و پیشنهادات

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به کوتاه بودن مدت مداخله (۸ هفته)، حجم نمونه محدود (۳۴ نفر) و دوز مصرفی ویتامین D (۱۰۰۰ واحد بین‌المللی در روز) اشاره کرد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با حجم نمونه بزرگ‌تر، دوره‌های مداخله طولانی‌تر (حداقل ۱۲ هفته) و دوزهای بالاتر ویتامین D (برای مثال، ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ واحد بین‌المللی در روز) انجام شوند. همچنین، اندازه‌گیری سطح سرمی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D به‌عنوان شاخص دقیق‌تر وضعیت ویتامین D و بررسی هورمون‌های دیگری مانند تستوسترون آزاد (cFT) و هورمون ضد مولرین (AMH) می‌تواند به درک عمیق‌تر سازوکارهای زیربنایی اثرات این مداخلات کمک کند.

### کاربرد بالینی

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، برنامه‌های تمرین ترکیبی شامل تمرینات مقاومتی و هوازی می‌توانند به‌عنوان یکی از رویکردهای غیردارویی مؤثر در مدیریت وزن و بهبود شاخص‌های آنتروپومتریک در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک مورد توجه قرار گیرند. بااین‌حال، افزودن مکمل ویتامین D با دوز روزانه ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی به‌مدت ۸ هفته، مزیت آماری معنی‌داری نسبت به انجام تمرین به‌تنهایی نشان نداد. بنابراین، تصمیم‌گیری درباره مکمل‌یاری ویتامین D بهتر است با در نظر گرفتن وضعیت سرمی این ویتامین و شرایط بالینی هر فرد انجام شود.

## نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین ترکیبی می‌تواند به کاهش وزن بدن و شاخص توده بدنی در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک کمک کند. همچنین، اثر اصلی تمرین بر نسبت دور کمر به دور باسن معنی‌دار بود؛ اگرچه تفاوت کلی بین چهار گروه از نظر این شاخص به سطح معنی‌داری آماری نرسید. افزودن روزانه ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی

ویتامین D به برنامه تمرینی، اثر افزایشی معنی‌داری بر شاخص‌های آنتروپومتریک نشان نداد. از سوی دیگر، مداخلات تأثیر معنی‌داری بر سطوح LH و FSH نداشتند و اثر اصلی مکمل‌یاری ویتامین D بر SHBG، با وجود معنی‌داری آماری در سطح اسمی، به‌دلیل نزدیکی مقدار P به آستانه معنی‌داری، نیازمند بررسی بیشتر است. در مجموع، به‌نظر می‌رسد تمرین ترکیبی نقش مؤثرتری در تغییرات آنتروپومتریک مشاهده شده داشته باشد؛ بااین‌حال، برای تعیین دقیق اثرات مستقل و ترکیبی مکمل ویتامین D، انجام مطالعات بیشتری ضروری است.

## تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی بانوان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک که در این پژوهش شرکت کردند، کادر آزمایشگاهی و بالینی که در مراحل جمع‌آوری داده‌ها و اجرای مداخلات همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

## تعارض منافع

هیچ گونه تضاد منافعی بین محققان این مطالعه وجود نداشت.

## ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر بعد از گرفتن کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه قم با کد IR.QOM.REC.1400.019 انجام شد.

## حمایت مالی

این پژوهش بدون دریافت حمایت مالی سازمانی و با هزینه شخصی نویسندگان به انجام رسیده است.

## مشارکت نویسندگان

دکتر معصومه اکبری: ایده‌پردازی، نظارت بالینی و هورمونی، بازبینی و ویراستاری تخصصی مقاله، مدیریت پروژه؛ فاطمه‌زهرا سادات حسینی کاشانی: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، اجرای پروتکل‌های تمرین و مکمل‌یاری، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل آماری، نگارش پیش‌نویس اولیه و دکتر حمید امینی: ایده‌پردازی، نظارت بر فیزیولوژی تمرین، تحلیل آماری، بازبینی و ویراستاری مقاله را بر عهده داشته‌اند. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

## منابع

1. Stener-Victorin E, Teede H, Norman RJ, Legro R, Goodarzi MO, Dokras A, et al. Polycystic ovary syndrome. Nature reviews Disease primers 2024; 10(1):27.
2. Jaafar B, Chami N, Tlais M, Matar M, Obeid N, Taha N, et al. The Association Between Vitamin D and Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) in Women: A Systematic Review. Nutrients 2026; 18(6):968.
3. Mohan A, Haider R, Fakhor H, Hina F, Kumar V, Jawed A, et al. Vitamin D and polycystic ovary syndrome (PCOS): a review. Annals of Medicine and Surgery 2023; 85(7):3506-11.
4. Thorat S, Ranjan N, Gangal V, Jogdand T, Kulat S. Prognosis of polycystic ovary syndrome (PCOS) by its symptoms and Rotterdam criteria. In2023 International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT) 2023:1270-1274.
5. Kim JJ. Obesity and polycystic ovary syndrome. Journal of Obesity & Metabolic Syndrome 2024; 33(4):289.
6. Morgante G, Darino I, Spanò A, Luisi S, Luddi A, Piomboni P, et al. PCOS physiopathology and vitamin D deficiency: biological insights and perspectives for treatment. Journal of clinical medicine 2022; 11(15):4509.
7. Balogh Z, Csehely S, Orosz M, Bhattoa HP, Krasznai ZT, Deli T, et al. Relations of insulin resistance, body weight, vitamin D deficiency, SHBG and androgen levels in PCOS patients. Biomedicines 2025; 13(8):1803.
8. Sparic R, Andjic M, Vergara D, Morciano A, D'Oria O, Baldini GM, et al. PCOS and vitamin D: a clinical appraisal. Archives of Gynecology and Obstetrics 2024; 309(3):907-15.
9. Azadi-Yazdi M, Nadjarzadeh A, Khosravi-Boroujeni H, Salehi-Abargouei A. The effect of vitamin D supplementation on the androgenic profile in patients with polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. Hormone and Metabolic Research 2017; 49(03):174-9.
10. Patten RK, Boyle RA, Moholdt T, Kiel I, Hopkins WG, Harrison CL, et al. Exercise interventions in polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in physiology 2020; 11:606.
11. Wang L, Liu K, Wang G, Yang L. Effects of Exercise Interventions on Women With Polycystic Ovary Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nursing & Health Sciences 2025; 27(3):e70209.

12. Rahimi T, Arsham S, Lotfi G, Sadeghi H. Comparing the Effects of Eight-week Multisensory Integration Training and Resistance Training on Static and Dynamic Balance of Older Men: A Randomized Clinical Trial. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine 2025; 13(6):1134-49.
13. Rashad NM, Abd El-Fatah AH, Lashin ME, Abomandour HG, Allam RM. Impact of vitamin D supplementation on cardio-metabolic status and androgen profile in women with polycystic ovary syndrome: placebo-controlled clinical trial. Middle East Fertility Society Journal 2019; 24(1):5.
14. Hajizadeh A, Mirmohammadkhani M, Rahmanian M. The effect of vitamin D administration on the clinical and laboratory symptoms of adolescents suffering from polycystic ovary syndrome with vitamin D deficiency. Iran J Obstet Gynecol Infertil 2023; 26(10):23-33.
15. Kazeminasab F, Sabaghian F, Khalafi M. The effect of exercise training on metabolic factors in women with polycystic ovary syndrome: A systematic review and meta-analysis. The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility 2023; 26(6):94-113.
16. Colombo GE, Bouzo XD, Patten RK, Mousa A, Tay CT, Pattuwage L, et al. Comparison of selected exercise training modalities in the management of PCOS: a systematic review and meta-analysis to inform evidence-based guidelines. JSAMS plus 2023; 2:100024.
17. Nasiri M, Monazzami A, Alavimilani S, Asemi Z. Modulation of hormonal, metabolic, inflammatory and oxidative stress biomarkers in women with polycystic ovary syndrome following combined (resistant and endurance) training: a randomized controlled trail. BMC endocrine disorders 2025; 25(1):1.
18. Moltrer M, Pala L, Cosentino C, Mannucci E, Rotella CM, Cresci B. Body mass index (BMI), waist circumference (WC), waist-to-height ratio (WHtR) e waist body mass index (wBMI): Which is better?. Endocrine 2022; 76(3):578-83.
19. Tey WY, Loo RY, Tsai MC, Say YH, Ng AK, Tan SS, et al. Physical activity, eating behavior, and body image perception among university students. Discover Social Science and Health 2025; 5(1):17.
20. Eid SW, Brown RF, Maloney SK, Birmingham CL. Can the relationship between overweight/obesity and sleep quality be explained by affect and behaviour?. Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity 2022; 27(7):2821-34.
21. Abasi Ghahramanloo A, Safiri S. ANCOVA and Assumptions of using this analysis in medical research. Iranian Journal of Medical Education 2015; 15:391-2.
22. Haghjouy JS, Omid A. Effect of group teaching on information retention. Education Strategies in Medical Sciences 2010; 2(4):143-145.
23. Agbangba CE, Aide ES, Honfo H, Kakai RG. On the use of post-hoc tests in environmental and biological sciences: A critical review. Heliyon 2024; 10(3).
24. Hoeger MK. Role of lifestyle modification in the management of polycystic ovary syndrome. Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism 2006; 20(2):293-310.
25. Esmaelzadeh Toloee M, Afshar Nezhad T, Yazdani F, Ahmadi B. The effect of 8 weeks of resistance training on ovary morphology, glycemic control and body composition on women with polycystic ovary syndrome. Medical journal of Mashhad university of medical sciences 2015; 58(7):381-9.
26. Shele G, Genkil J, Speelman D. A systematic review of the effects of exercise on hormones in women with polycystic ovary syndrome. Journal of Functional Morphology and Kinesiology 2020; 5(2):35.
27. Jamilian M, Samimi M, Mirhosseini N, Ebrahimi FA, Aghadavod E, Talaee R, et al. The influences of vitamin D and omega-3 co-supplementation on clinical, metabolic and genetic parameters in women with polycystic ovary syndrome. Journal of affective disorders 2018; 238:32-8.
28. Voltan G, Cannito M, Ferrarese M, Ceccato F, Camozzi V. Vitamin D: an overview of gene regulation, ranging from metabolism to genomic effects. Genes 2023; 14(9):1691.

# The Effect of Combined Training and Vitamin D on Anthropometric, Metabolic and Androgenic Profile Indices in Women with Polycystic Ovary Syndrome

**Masoumeh Akbari[1,2], Hamid Amini[3], Fatemeh Zahra Sadat Hosseini Kashani[4*]**

1. Associate Professor, Department of Nursing, Salmas School of Nursing, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran.
2. Associate Professor, Department of Operating Room, School of Paramedical Sciences, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, School of Humanity Sciences, TolouеMehr University, Qom, Iran.
4. Instructor, Department of Physical Education and Sport Sciences, School of Humanity Sciences, TolouеMehr University, Qom, Iran.

**Received:** May 24, 2026 **Accepted:** Aug 27, 2026

## Abstract

**Introduction:** Polycystic ovary syndrome (PCOS) is closely linked to obesity and endocrine dysfunction. The present study was conducted with aim to investigate the effects of 8-week combined exercise and vitamin D supplementation on anthropometric and hormonal parameters in women with PCOS.

**Methods:** In this semi-experimental study, which was conducted in 2022, 42 women with PCOS were allocated into four groups: Control, Exercise (TRX suspension, circuit, and moderate aerobic training), Vitamin D, and Exercise + Vitamin D. Anthropometric indices (weight, BMI, and WHR) and serum hormonal markers (LH, FSH, and SHBG) were measured at baseline and 8 weeks after the intervention. Data were analyzed using SPSS (version 22) and One-way analysis of variance and two-way factorial analysis of covariance (2 × 2 ANCOVA). $P<0.05$ was considered significant.

**Results:** Eight weeks combined exercise had a significant effects on weight reduction, BMI, and WHR ($p<0.05$), with the greatest reductions in weight and BMI observed in the exercise-alone group. However, the vitamin D supplementation and the exercise-supplement interaction showed no significant effects on anthropometric parameters. Moreover, the interventions had no significant effects on serum LH or FSH levels, and vitamin D supplementation induced only a borderline reduction in SHBG levels ($p= 0.049$).

**Conclusion:** Combined exercise is an effective approach to improve body composition and reduce weight in women with PCOS. However, adding vitamin D supplementation provides no additional benefits for anthropometric or gonadotropic profiles.

**Keywords:** Androgens, Body Composition, Dietary Supplements, Exercise Therapy, Polycystic Ovary Syndrome, Vitamin D

► **Please cite this article as:**
Akbari M, Amini H, Hosseini Kashani FZS. The Effect of Combined Training and Vitamin D on Anthropometric, Metabolic and Androgenic Profile Indices in Women with Polycystic Ovary Syndrome. **Iran J Obstet Gynecol Infertil** 2026; 29(6):10-21. **DOI:** 10.22038/ijogi.2026.94654.6686