



اثربخشی و مقایسه ده هفته تمرین پیلاتس و ایروبیک بر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش آموزان متوسطه دوم ملایر

الهه بهمنی برزیده^a، زهرا سایه وند^{b*}

^a کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران

^b استادیار گروه تربیت بدنی، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران

چکیده:

این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه تأثیر ده هفته تمرینات پیلاتس و ایروبیک بر شاخص‌های آمادگی جسمانی شامل تعادل، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش آموزان دختر متوسطه دوم ملایر پرداخته و تلاش دارد کارآمدترین روش تمرینی متناسب با نیازهای آنان را شناسایی کند. این پژوهش از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانش آموزان دختر متوسطه دوم شهرستان ملایر در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود و نمونه آماری با روش خوشه‌ای چندمرحله‌ای برآورد گردید که حجم نمونه آماری مشتمل بر ۴۵ دانش آموز دختر متوسطه دوم به صورت تصادفی بودند که در ۳ گروه بصورت مساوی و تصادفی، برنامه ۱۰ هفته تمرین پیلاتس (آزمایش اول)، برنامه ۱۰ هفته تمرین ایروبیک (آزمایش دوم) و گروه کنترل قرار گرفتند. عملکرد تعادلی در پژوهش حاضر توسط ابزار طراحی شده برونیکس و برونیکس (۲۰۰۵) با عنوان آزمون تبحر حرکتی برونیکس-اوزرتسکی سنجش شد. برای بررسی قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه از آزمون یک تکرار بیشینه استفاده شد. برای سنجش استقامت عضلانی از تمرینات شنای سوئدی، دراز و نشست، بارفیکس اصلاح شده و پلانک استفاده شد. ترکیب بدنی در پژوهش حاضر توسط شاخص توده بدنی یا BMI مورد سنجش واقع شد. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن متغیرهای پژوهش، تحلیل کوواریانس تک متغیره و تحلیل واریانس چندمتغیره جهت بررسی آزمون فرضیه‌ها استفاده شد.

نتایج پژوهش نشان داد که ده هفته تمرین پیلاتس در دانش آموزان متوسطه دوم ملایر موجب افزایش معنادار عملکرد تعادلی (اندازه اثر ۰/۸۰۷ یا ۰/۸۱٪)، قدرت عضلانی (۰/۵۹۵ یا ۰/۶۰٪) و استقامت عضلانی (۰/۵۱۳ یا ۰/۵۱٪) و کاهش ترکیب بدنی (۰/۴۲۲ یا ۰/۴۲٪) شد. ده هفته تمرین ایروبیک نیز عملکرد تعادلی (۰/۷۳۷ یا ۰/۷۴٪)، قدرت عضلانی (۰/۱۶۴ یا ۰/۱۶٪)، استقامت عضلانی (۰/۰۴۴ یا ۰/۰۴٪) و ترکیب بدنی (۰/۸۷۹ یا ۰/۸۸٪) را بهبود داد. مقایسه بین دو گروه نشان داد پیلاتس در بهبود عملکرد تعادلی، قدرت و استقامت عضلانی برتری دارد، در حالی که ایروبیک در بهبود ترکیب بدنی مؤثرتر است و همه تفاوت‌ها معنادار بودند. پیشنهاد می‌شود برای ارتقای کامل شاخص‌های آمادگی جسمانی دانش آموزان، برنامه‌های تلفیقی شامل تمرینات پیلاتس و ایروبیک به صورت دوره‌ای و منظم در مدارس متوسطه اجرا شود تا مزایای هر دو روش به حداکثر برسد. این کار می‌تواند هم تعادل، قدرت و استقامت عضلانی و هم ترکیب بدنی را بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، ترکیب بدنی

۱- مقدمه

سلامت جسمانی نسل نوجوان، پیش شرط بنیادین توسعه پایدار هر جامعه است؛ زیرا این قشر، سازندگان اصلی سرمایه انسانی، اجتماعی و اقتصادی آینده هر کشور محسوب می‌شوند و هر گونه خدشه به سلامت جسمی و روانی آنان، آثار خود را در دهه‌های آتی



بر پیکره جامعه بر جای خواهد گذاشت. با این حال، دوران معاصر با تحولات شگرف فناوری، تغییر بنیادین سبک زندگی و افزایش بی‌سابقه فشارهای تحصیلی همراه شده است؛ تحولاتی که پیامد مستقیم آن، کاهش چشمگیر فعالیت بدنی در میان دانش‌آموزان متوسطه دوم بوده است. این کاهش فعالیت بدنی، به‌طور مستقیم و غیرقابل‌انکار، مؤلفه‌های حیاتی آمادگی جسمانی از جمله عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی را تحت تأثیر منفی و فزاینده قرار داده و زنگ خطری جدی برای سلامت نسل آینده به صدا درآورده است (سایت تحلیلی خبری عصر ایران، ۱۴۰۲؛ رضازاده خادم، ۱۴۰۱).

عملکرد تعادلی، به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین و در عین حال حیاتی‌ترین مهارت‌های حرکتی انسان، حاصل هماهنگی دقیق و پیوسته میان سیستم عصبی مرکزی، سیستم حسی و سیستم عضلانی-اسکلتی است. این مؤلفه نه‌تنها زیربنای فعالیت‌های ساده روزمره همچون نشستن، ایستادن و راه‌رفتن است، بلکه نقشی تعیین‌کننده در عملکرد ورزشی و پیشگیری از سقوط و آسیب‌های ناشی از آن ایفا می‌کند. شواهد پژوهشی به‌روشنی نشان می‌دهند که کاهش عملکرد تعادلی در دوران نوجوانی با افزایش قابل‌توجه خطر افتادن، آسیب‌دیدگی و حتی اختلال در مسیر رشد حرکتی همراه است؛ و از سوی دیگر، هر دو بعد تعادل ایستا و پویا، ظرفیت بالایی برای بهبود از طریق تمرین هدفمند دارند، امری که اهمیت مداخلات ورزشی سیستماتیک را دوچندان می‌سازد (زاهدی و عابدینی، ۱۳۹۹؛ اولمز و آکان، ۲۰۲۲؛ شدلر و همکاران، ۲۰۲۴).

در کنار تعادل، قدرت و استقامت عضلانی نیز از ارکان بنیادین و انکارناپذیر آمادگی جسمانی به شمار می‌روند. قدرت عضلانی، که به‌عنوان حداکثر نیروی قابل‌تولید توسط بافت عضلانی تعریف می‌شود، نه‌تنها عملکرد ورزشی را ارتقا می‌دهد، بلکه ماهیچه‌های قوی‌تر قادرند از مفاصل بهتر حمایت کرده و استرس‌های وارده بر بدن را تحمل کنند؛ این در حالی است که قدرت عضلانی به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کننده قوی برای سلامت قلبی-عروقی نیز شناخته شده و کاهش آن با افزایش خطر بیماری‌های مزمن همچون فشارخون بالا و دیابت و حتی افزایش نرخ مرگ‌ومیر مرتبط است. استقامت عضلانی نیز به‌عنوان ظرفیت حفظ انقباضات مکرر یا نیروی خروجی خاص در طول زمان، عاملی حیاتی در تداوم فعالیت بدنی بدون بروز خستگی زودرس است و غفلت از ارزیابی و تقویت آن می‌تواند به اختلال در ریکاوری، خستگی ناشناخته و تشدید ضعف عملکردی در بین نوجوانان منجر شود (هاف، ۲۰۱۸؛ سیلوا جونیور و همکاران، ۲۰۲۲؛ ساراسواتی و همکاران، ۲۰۲۳؛ روکوفسکی و همکاران، ۲۰۲۱).

ترکیب بدنی نیز، که توزیع و نسبت میان چربی بدن، توده عضلانی و توده استخوانی را نشان می‌دهد، یکی دیگر از شاخص‌های سرنوشت‌ساز سلامت جسمانی محسوب می‌شود. ارزیابی دقیق ترکیب بدنی امکان شناسایی زودهنگام مشکلاتی همچون چاقی، کمبود وزن یا عدم تعادل میان توده عضلانی و چربی را فراهم می‌آورد و بدین ترتیب، زمینه مداخله به‌موقع و پیشگیری از عوارض جدی‌تر در آینده را مهیا می‌سازد. شواهد علمی به‌طور قاطع نشان می‌دهند که درصد بالای چربی بدن با افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت نوع دو، برخی انواع سرطان و کاهش چگالی معدنی استخوان -که خود زمینه‌ساز اوستئوپنی و اوستئوپروز است- ارتباط مستقیم دارد (هولمز و راسته، ۲۰۲۱؛ گومز و همکاران، ۲۰۲۳).

عمق و گستردگی این بحران را می‌توان از آمارهای رسمی نیز دریافت؛ گزارش‌ها حاکی از آن است که از میان شانزده میلیون دانش‌آموز کشور، نزدیک به پنج میلیون نفر با چاقی یا اضافه‌وزن دست‌به‌گریبان‌اند؛ به بیان دیگر، از هر سه دانش‌آموز ایرانی، یک نفر دچار اضافه‌وزن است (سایت خبری عصر ایران، ۱۴۰۲). این وضعیت نگران‌کننده، پیامدهایی چندلایه و گاه غیرقابل‌جبران به همراه دارد: از کاهش اعتمادبه‌نفس، طرد و تمسخر اجتماعی توسط همسالان گرفته تا اختلالات خواب، افت مستقیم عملکرد تحصیلی،



مشکلات یادگیری و افزایش قابل توجه خطر ابتلا به بیماری‌های مزمنی همچون دیابت، بیماری‌های قلبی عروقی و انواع سرطان در بزرگسالی. در سطح جهانی نیز، آمارها نشان می‌دهند تنها در سال ۲۰۱۷، نزدیک به چهار میلیون نفر به‌طور مستقیم بر اثر عوارض چاقی یا اضافه‌وزن جان خود را از دست داده‌اند؛ رقمی که به‌روشنی از ابعاد فاجعه‌بار این پدیده پرده برمی‌دارد (آلیس و همکاران، ۲۰۲۲). در نقطه مقابل، پژوهش‌ها به‌طور مستمر نشان داده‌اند نوجوانانی که فعالیت بدنی منظم و مستمر دارند، از تمرکز، حافظه، عملکرد شناختی و در نتیجه پیشرفت تحصیلی بهتری برخوردارند و حتی یکپارچگی ماده سفید مغز آنان نیز تحت تأثیر مثبت این فعالیت‌ها قرار می‌گیرد؛ یافته‌ای که اهمیت راهبردی مداخلات ورزشی هدفمند در این برهه حساس سنی را بیش از پیش آشکار می‌سازد (مهران و همکاران، ۲۰۱۹؛ رضازاده خادم، ۱۴۰۱).

در واکنش به این چالش فراگیر، متخصصان تربیت بدنی و سلامت عمومی همواره در جست‌وجوی روش‌های تمرینی اثربخش، کم‌هزینه، ایمن و قابل اجرا در بستر مدرسه بوده‌اند؛ رویکردی که در این میان، دو روش پیلاتس و ایروبیک را به‌عنوان دو گزینه پیشرو و پرکاربرد مطرح ساخته است. پیلاتس، که توسط ژوزف پیلاتس در سال ۱۹۳۰ ابداع شد، سامانه‌ای تمرینی جامع مبتنی بر تقویت عضلات مرکزی بدن، افزایش آگاهی ذهن بدن و بهبود کنترل پاسچرال با فراخوانی سطح بالای عصبی عضلانی است. مجموعه گسترده‌ای از شواهد پژوهشی، اثربخشی چشمگیر پیلاتس را در ابعاد گوناگون به اثبات رسانده‌اند: بهبود معنادار تعادل ایستا و پویا، افزایش قدرت عضلانی از طریق ترکیب تمرینات مقاومتی و تکنیک‌های تنفسی، ارتقای استقامت عضلات تنه و سایر گروه‌های عضلانی، و بهبود قابل توجه ترکیب بدنی از طریق کاهش هم‌زمان توده چربی و افزایش توده عضلانی (محمدی ارانی و رهنما، ۱۴۰۰؛ یوکا، ۲۰۲۱؛ باقری و همکاران، ۱۴۰۲؛ ژانگ و سان، ۲۰۲۴؛ همت، ۱۴۰۳؛ کائوری و همکاران، ۲۰۲۴).

در سوی دیگر، تمرینات ایروبیک، به‌عنوان فعالیتی ریتمیک، پرنشاط و همراه با موسیقی، از دیرباز جایگاه ویژه‌ای در میان روش‌های ورزشی محبوب و در دسترس داشته‌اند. این نوع تمرین، علاوه بر تأثیرات مثبت و اثبات شده بر سیستم قلبی عروقی و ترکیب بدنی، بر فرآیندهای شناختی، دقت، ادراک و هماهنگی عصبی عضلانی نیز اثرگذار است و به دلیل ماهیت گروهی و شادی‌بخش خود، نقش مؤثری در کاهش افسردگی و اضطراب از طریق ترشح هورمون‌های اندورفین و انکفالین ایفا می‌کند (باکسی و همکاران، ۲۰۲۱؛ قلی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۱؛ رحیمی، ۱۴۰۲).

با وجود این حجم گسترده و روزافزون از شواهد علمی درباره اثربخشی مجزای هر یک از این دو روش تمرینی، نکته‌ای قابل تأمل و در عین حال نگران‌کننده وجود دارد: پژوهش‌های مقایسه‌ای که به‌طور هم‌زمان و نظام‌مند، اثرات پیلاتس و ایروبیک را بر مجموعه‌ای جامع از شاخص‌های آمادگی جسمانی - شامل عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی - در بستر جامعه دانش‌آموزان نوجوان بررسی کرده باشند، همچنان به‌شدت محدود و پراکنده است. این خلأ پژوهشی، صرفاً یک کاستی نظری نیست، بلکه پیامدهای کاربردی مهمی نیز به همراه دارد؛ چرا که بدون شناسایی دقیق روش تمرینی برتر، سیاست‌گذاران و مسئولین آموزش و پرورش فاقد مبنای علمی مستحکمی برای طراحی، اولویت‌بندی و تخصیص منابع به برنامه‌های ورزشی مدارس خواهند بود. این ضرورت هنگامی دوچندان می‌شود که در نظر بگیریم فعالیت بدنی و ورزش در نظام آموزشی کنونی، غالباً از سوی مسئولین، خانواده‌ها و حتی خود دانش‌آموزان کم‌اهمیت تلقی می‌شود؛ در حالی که بی‌توجهی مستمر به این حوزه، عواقب جبران‌ناپذیری برای سلامت فردی و اجتماعی نسل آینده در پی خواهد داشت (موهلباور و همکاران، ۲۰۲۴؛ شدلر و همکاران، ۲۰۲۴).



از منظر سلامت عمومی نیز، غفلت از این شاخص‌های چهارگانه، پیامدهایی جدی و گاه بازگشت‌ناپذیر به همراه دارد. تعادل ضعیف با افزایش مستقیم خطر سقوط، صدمات شدید، ناتوانی و حتی مرگ‌ومیر ارتباط تنگاتنگی دارد؛ ارزیابی ناکافی قدرت و استقامت عضلانی می‌تواند به اختلال در عملکرد، خستگی ناشناخته و تشدید ضعف اکتسابی بینجامد؛ و بی‌توجهی به ترکیب بدنی، افراد را در معرض خطر شکستگی، مشکلات اسکلتی و طیف گسترده‌ای از بیماری‌های مزمن قرار می‌دهد (اومورا و همکاران، ۲۰۲۲). از سوی دیگر، با توجه به سهم قابل‌توجه و رو به رشد نوجوانان و جوانان در ساختار جمعیتی کشور ایران، ضرورت طراحی و اجرای مطالعاتی که راهکارهای عملی، ایمن و اقتصادی برای ارتقای سلامت جسمانی این قشر ارائه دهند، بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود؛ راهکارهایی که بتوانند مبنای تصمیم‌گیری مسئولین آموزش و پرورش در جهت پیشگیری از گسترش بیشتر چاقی و اضافه‌وزن در مدارس قرار گیرند (سنگیز و کوشکان، ۲۰۲۳).

با تکیه بر مجموع این ملاحظات نظری و کاربردی -یعنی شیوع فزاینده و نگران‌کننده اضافه‌وزن و چاقی در میان دانش‌آموزان ایرانی، پیامدهای جسمی، روانی و اجتماعی گسترده ناشی از تضعیف عملکرد تعادلی، قدرت و استقامت عضلانی و ترکیب بدنی، شواهد علمی متقن درباره اثربخشی هر یک از دو روش پيلاتس و ایروبیك به‌طور مجزا، و در عین حال کمبود آشکار مطالعات مقایسه‌ای جامع در این حوزه- ضرورت انجام پژوهشی که به‌طور هم‌زمان و نظام‌مند این دو رویکرد تمرینی را در معرض مقایسه علمی قرار دهد، به‌روشنی احساس می‌شود. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه اثربخشی ده هفته تمرین پيلاتس و ایروبیك بر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش‌آموزان متوسطه دوم شهرستان ملایر طراحی و اجرا شد؛ با این امید که یافته‌های آن بتواند مبنای علمی معتبری برای طراحی برنامه‌های مداخله‌ای اثربخش‌تر در مدارس فراهم آورد و گامی مؤثر در جهت تأمین سلامت جسمانی و روانی نسل نوجوان و آینده‌ساز کشور بردارد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که با استفاده از طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل اجرا شد. طرح کلی پژوهش به این صورت بود که هر سه گروه (دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل) پیش از شروع مداخله، تحت پیش‌آزمون شاخص‌های عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی قرار گرفتند؛ سپس گروه آزمایش اول تمرینات پيلاتس و گروه آزمایش دوم تمرینات ایروبیك را به مدت ده هفته دریافت کردند، درحالی‌که گروه کنترل هیچ مداخله تمرینی خاصی نداشت. در پایان دوره، هر سه گروه مجدداً در پس‌آزمون همان شاخص‌ها ارزیابی شدند.

جامعه آماری پژوهش را کلیه دانش‌آموزان دختر متوسطه دوم شهرستان ملایر در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ تشکیل می‌دادند. نمونه آماری با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای انتخاب شد؛ بدین‌صورت که ابتدا یک ناحیه از میان نواحی شهر ملایر به‌طور تصادفی برگزیده شد، سپس از آن ناحیه یک مدرسه متوسطه دوم دخترانه و از آن مدرسه سه کلاس به‌صورت تصادفی مشخص گردید. در نهایت ۴۵ دانش‌آموز دختر متوسطه دوم به‌طور تصادفی در سه گروه پانزده نفره پيلاتس، ایروبیك و کنترل قرار گرفتند. ملاک‌های ورود به مطالعه شامل سن ۱۶ تا ۱۸ سال، غیرورزشکار بودن، عدم شرکت منظم در فعالیت ورزشی طی حداقل سه ماه گذشته، نداشتن



سابقه بیماری خاص یا اختلالات شدید روانی و جسمانی، و تمایل به شرکت در جلسات تمرینی بود. ملاک‌های خروج نیز شامل ابتلا به بیماری‌هایی که نیازمند بیش از یک هفته استراحت باشند و غیبت بیش از دو جلسه در هفته بود.

برای گردآوری داده‌ها، عملکرد تعادلی با استفاده از آزمون تبحر حرکتی برونیکس-اوزرتسکی (برونیکس و برونیکس، ۲۰۰۵) سنجیده شد که در پژوهش حاضر بر بخش تعادل این آزمون، مشتمل بر پنج خرده‌مقیاس (راه رفتن رو به جلو روی خط، ایستادن روی زمین با پای برتر، راه رفتن پاشنه-پنجه روی خط، ایستادن روی چوب موازنه با پای برتر، و راه رفتن پاشنه-پنجه روی چوب موازنه)، تمرکز شد؛ دامنه نمرات این بخش بین ۵ تا ۳۸ و پایایی بازآزمایی آن ۰/۷۸ گزارش شده است. قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه با آزمون یک تکرار بیشینه و با استفاده از چهار حرکت پرس سرشانه با هالتر، پرس سینه با هالتر، اسکات با هالتر و ددلیفت با هالتر و بر اساس فرمول برزیسکی محاسبه شد و میانگین نمرات چهار حرکت به عنوان نمره نهایی قدرت عضلانی هر آزمودنی در نظر گرفته شد. استقامت عضلانی نیز از طریق چهار آزمون شنای سوئدی، دراز و نشست، بارفیکس اصلاح شده و پلانک ارزیابی شد. ترکیب بدنی با استفاده از شاخص توده بدنی (BMI) و بر مبنای قد و وزن آزمودنی‌ها (اندازه‌گیری شده با ترازوی دیجیتال با حساسیت ۰/۰۱ کیلوگرم و مترنوازی با دقت ۰/۵ سانتی‌متر) محاسبه شد.

مداخله تمرینی گروه آزمایش اول شامل ده هفته تمرین پیلاتس، هفته‌ای سه جلسه یک‌ساعته بر اساس پروتکل استوت بود که در هر جلسه ده حرکت کششی و ده حرکت تقویتی با افزایش تدریجی شدت و تکرار (از هشت تا ده تکرار) اجرا می‌شد. هر جلسه شامل مرحله آشنایی و کنترل تنفس، گرم کردن و کشش، اجرای تمرینات اختصاصی و سرد کردن پایانی بود. گروه آزمایش دوم نیز ده هفته تمرین ایروبیک، هفته‌ای سه جلسه یک‌ساعته و بر اساس بیست حرکت استاندارد ایروبیک (شامل مارچ، وی، گام ضربدر، مامبو، استپ‌تاچ، دبل استپ و سایر حرکات) با توجه به توالی، هماهنگی ضرب پا با موزیک و افزایش تدریجی شدت دریافت کردند.

اجرای پژوهش پس از معاینه پزشکی و تکمیل فرم رضایت‌نامه توسط آزمودنی‌ها آغاز شد. در جلسه توجیهی، نحوه اجرای آزمون‌ها و توصیه‌های لازم (خواب کافی و الگوی غذایی یکسان در طول دوره آزمون‌گیری) ارائه شد. پیش از شروع مداخله، پیش‌آزمون شاخص‌های چهارگانه برای هر سه گروه اجرا شد و پس از پایان دوره ده‌هفته‌ای، پس‌آزمون همان شاخص‌ها گرفته شد. در تمامی جلسات تمرینی و آزمون‌گیری، یک پزشک متخصص جهت کنترل ایمنی حضور داشت.

تحلیل داده‌ها در دو سطح توصیفی و استنباطی انجام شد. در سطح توصیفی، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی داده‌ها محاسبه شد و در سطح استنباطی، از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، و از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره و تحلیل واریانس چندمتغیره برای آزمون فرضیه‌های پژوهش در سطح معناداری $P \geq 0.05$ استفاده شد. کلیه تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

بررسی نرمال بودن متغیرها



ابتدا قبل از بررسی فرضیه‌های پژوهش لازم است، نرمال بودن متغیرهای پژوهش با آزمون شاپیرو-ویلک^۱ مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین جدول ۱ به بررسی نرمال بودن متغیرهای پژوهش می‌پردازد.

فرض H_0 : توزیع داده‌های متغیرهای پژوهش نرمال هستند.

فرض H_1 : توزیع داده‌های متغیرهای پژوهش نرمال نیستند.

جدول ۱: نرمال بودن متغیرهای پژوهش

متغیر	آزمون	آماره Z	سطح معنی‌داری
عملکرد تعادلی	پیش‌آزمون	۰/۹۶۷	۰/۲۱۶
	پس‌آزمون	۰/۹۴۸	۰/۱۵۴
قدرت عضلانی	پیش‌آزمون	۰/۹۷۴	۰/۴۰۹
	پس‌آزمون	۰/۹۲۸	۰/۱۰۷
استقامت عضلانی-آزمون شنا سوئدی	پیش‌آزمون	۰/۹۴۶	۰/۱۵۱
	پس‌آزمون	۰/۹۷۵	۰/۴۲۶
استقامت عضلانی-آزمون دراز و نشست	پیش‌آزمون	۰/۹۷۱	۰/۳۲۷
	پس‌آزمون	۰/۹۷۶	۰/۴۸۳
استقامت عضلانی-آزمون برفایکس اصلاح شده	پیش‌آزمون	۰/۹۸	۰/۶۰۷
	پس‌آزمون	۰/۹۵۱	۰/۱۷۷
استقامت عضلانی-آزمون پلانک	پیش‌آزمون	۰/۹۶۹	۰/۲۵۶
	پس‌آزمون	۰/۹۵۷	۰/۱۸۱
ترکیب بدنی (شاخص توده بدنی)	پیش‌آزمون	۰/۹۷۳	۰/۳۶۲
	پس‌آزمون	۰/۹۵۹	۰/۱۱۳

با توجه به جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که سطوح معناداری تمامی متغیرها بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشند. لذا توزیع داده‌های متغیرهای فوق نرمال هستند، بنابراین نرمال بودن متغیرهای مذکور استفاده کردن از آزمون‌های پارامتریک را جهت استنباط فرضیه‌های پژوهش توجیه می‌نمایند. پس فرضیه H_0 تأیید و فرضیه H_1 رد می‌گردد.

فرضیه اول پژوهش

ده هفته پیلاتس بر عملکرد تعادلی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تأثیر معناداری دارد.

فرض H_0 : ده هفته پیلاتس بر عملکرد تعادلی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تأثیر معناداری ندارد.

فرض H_1 : ده هفته پیلاتس بر عملکرد تعادلی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تأثیر معناداری دارد.

^۱. Shapiro-Wilk



$$\begin{cases} H_0: P_{value} \geq 0.05 \\ H_1: P_{value} < 0.05 \end{cases}$$

جهت تأیید فرضیه اول پژوهش از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره یا آنکووا^۲ استفاده می‌شود. علت استفاده از این آزمون آن است که در فرضیه اول پژوهش، یک متغیر مستقل با نام ده هفته پیلاتس و یک متغیر وابسته با نام عملکرد تعادلی وجود دارند و از طرفی، قصد بر این است که اثر متغیر دیگری با نام نمرات پیش آزمون متغیر عملکرد تعادلی که متغیر تصادفی کمکی نیز نامیده می‌شود، سنجیده شود. بنابراین اصولاً از این آزمون آماری در طرح‌های پیش آزمون - پس آزمون با یک متغیر مستقل و یک متغیر وابسته و تصادفی کمکی استفاده می‌شود (بریس، کمپ و سنلگار^۳، ۱۴۰۳).

از آنجا که این آزمون جزء آزمون‌های آماری پیشرفته محسوب می‌شود، لذا برای استفاده از آن باید پیش شرط‌هایش رعایت گردند. در غیر این صورت، می‌بایست از آزمون معادل ناپارامتریک آن استفاده نمود. پیش شرط‌های آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره به ترتیب شامل موارد ذیل می‌باشند:

- سنجش مقیاس متغیرها
- نرمال بدون توزیع داده‌های متغیرهای مستقل، وابسته و تصادفی کمکی
- همگنی شیب‌های رگرسیون
- وجود رابطه خطی بین متغیر وابسته و تصادفی کمکی
- برابری واریانس‌ها

متغیر مستقل (ده هفته پیلاتس) باید مقیاس اسمی/ترتیبی و متغیر وابسته (عملکرد تعادلی) باید مقیاس فاصله‌ای/نسبی داشته باشد. با توجه به اینکه این شرایط برقرار است (متغیر مستقل اسمی و متغیر وابسته نسبی است)، این مورد تأیید می‌شود. بر اساس آزمون شاپیرو-ویلک (جدول ۷-۴)، توزیع تمام متغیرها (مستقل، وابسته، و تصادفی کمکی) نرمال است. بنابراین این مورد نیز تأیید می‌شود. این بخش به بررسی تعامل بین متغیر مستقل (گروه/پیلاتس) و متغیر کمکی (نمرات پیش آزمون) می‌پردازد. اگر شیب‌های رگرسیون بین گروه‌ها همگن باشند، یعنی نمرات پیش آزمون در دو گروه رفتار مشابهی دارند و نتایج ANCOVA قابل اعتماد خواهد بود؛ در غیر این صورت اعتبار نتایج زیر سؤال می‌رود. نتایج این بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: بررسی همگنی شیب‌های رگرسیون عملکرد تعادلی

تعامل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی داری
گروه X پیش آزمون	۵/۸۵۳	۱	۵/۸۵۳	۱/۹۵	۰/۱۷۴

جدول ۲ نشان می‌دهد که سطح معناداری به دست آمده از آزمون F، بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد، لذا تعامل بین گروه (متغیر مستقل) که همان ده هفته پیلاتس می‌باشد، با نمرات متغیر تصادفی کمکی یعنی پیش آزمون متغیر وابسته عملکرد تعادلی با سطح اطمینان

². Univariate Analysis of Covariance (ANCOVA)

³. Brice, Kemp & Senlgar



۹۵٪ معنادار نیست و بر مبنای این عدم معناداری، شیب‌های رگرسیون آنها از حیث آماری با یکدیگر همگن و برابر می‌باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پیش شرط سوم نیز مورد تأیید قرار می‌گیرد.

در این پیش شرط، برابری واریانس‌ها یا همان همگنی پراکندگی نمرات متغیر وابسته در هر دو گروه مورد بررسی واقع می‌شوند تا نتایج حاصل از تحلیل کوواریانس تک متغیره، نزدیک به واقعیت باشد. چرا که عدم برابری واریانس‌ها در هر دو گروه، توازن بین دو گروه را از برهم می‌زند و در نتیجه نتایج دور از واقعیت خواهند شد. اکنون در جدول ۳ با استفاده از آزمون لون^۴ برابری واریانس‌ها در فرضیه اول پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۳: بررسی برابری واریانس‌ها در متغیر عملکرد تعادلی

متغیر وابسته	آماره F	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معناداری
عملکرد تعادلی	۰/۸۴۳	۱	۲۸	۰/۳۶۶

همانطور که از جدول ۳ پیداست، سطوح معناداری بدست آمده از آماره F برای متغیر وابسته عملکرد تعادلی بزرگتر از ۰/۰۵ می‌باشند که نشان می‌دهد با سطح اطمینان ۹۵٪ واریانس‌ها یا همان پراکندگی نمرات در دو گروه در متغیر وابسته، با یکدیگر برابر می‌باشند و این بدان معناست که تفاوت مشاهده شده در واریانس‌های گروه‌ها به قدری نیست که با اطمینان گفته شود، این تفاوت به صورت تصادفی رخ داده است. پس بر مبنای نتیجه مذکور، پیش شرط پنجم که همان برابری واریانس‌ها است، تأیید می‌گردد. حال از آنجا که هر پنج پیش شرط اجرای آزمون پیشرفته تحلیل کوواریانس تک متغیره مورد تأیید قرار گرفتند، لذا استفاده از این آزمون برای فرضیه اول پژوهش از حیث آماری مورد تأیید واقع می‌شود. اکنون با توجه به آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره، در جدول ۴ فرضیه اول پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۴: بررسی نقش ده هفته پیلاتس بر عملکرد تعادلی

متغیر مستقل	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
ده هفته پیلاتس	عملکرد تعادلی	۳۵۰/۲۷۹	۱	۳۵۰/۲۷۹	۱۱۲/۷۵۲	۰/۰۰۱	۰/۸۰۷

جدول ۴ گویای این مهم است که براساس سطح معناداری که کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، با سطح اطمینان ۹۵٪ متغیر مستقل بر متغیر وابسته تأثیر دارد. همچنین بر مبنای مقدار اندازه اثر که ۰/۸۰۷ می‌باشد، متغیر مستقل ده هفته پیلاتس به میزان ۸۱ درصد بر متغیر وابسته عملکرد تعادلی تأثیر دارد. بنابراین در کل می‌توان نتیجه گرفت که ده هفته پیلاتس بر عملکرد تعادلی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تأثیر معناداری دارد و در کل، ده هفته پیلاتس سبب افزایش معنادار عملکرد تعادلی در دختران دانش‌آموز متوسطه دوم ملایر شد. پس فرض H_0 رد و فرض H_1 تأیید می‌شود و بنابراین فرضیه اول پژوهش مورد تأیید قرار می‌گیرد.

فرضیه دوم پژوهش

۴. Levene's Test



بین ده هفته پیلاتس و ایروبیک بر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

فرض H_0 : بین ده هفته پیلاتس و ایروبیک بر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

فرض H_1 : بین ده هفته پیلاتس و ایروبیک بر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

$$\begin{cases} H_0: P_{value} \geq 0.05 \\ H_1: P_{value} < 0.05 \end{cases}$$

جهت تأیید فرضیه دوم پژوهش از آزمون تحلیل واریانس چند متغیره یا مانووا^۵ استفاده می‌شود. علت استفاده از این آزمون آن است که در فرضیه دوم پژوهش، یک متغیر مستقل با نام تمرینات پیلاتس و ایروبیک و هفت متغیر وابسته با نام‌های عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی (شنا سوئدی، دراز و نشست، بارفیکس اصلاح شده و پلانک) و ترکیب بدنی وجود دارند و از طرفی، قصد بر این است که همزمان این متغیرهای وابسته، براساس سطوح متغیر مستقل مورد مقایسه قرار گیرند (حبیب پور و صفری، ۱۴۰۳).

از آنجا که این آزمون جزء آزمون‌های آماری پیشرفته محسوب می‌شود، لذا برای استفاده از آن باید پیش شرط هایش رعایت گردند. در غیر این صورت، می‌بایست از آزمون معادل ناپارامتریک آن استفاده نمود. پیش شرط‌های آزمون تحلیل واریانس چند متغیره به ترتیب شامل موارد ذیل می‌باشند:

- سنجش مقیاس متغیرها
- نرمال بدون توزیع داده‌های متغیرهای وابسته
- برابری واریانس‌ها

اولین و مهمترین پیش شرط اجرای آزمون تحلیل واریانس چند متغیره آن است که مقیاس متغیر مستقل کیفی (اسمی/ترتیبی) و مقیاس متغیرهای وابسته کمی (فاصله ای/نسبی) باشد. لذا از آنجا که مقیاس متغیر مستقل تمرینات پیلاتس و ایروبیکی اسمی و مقیاس متغیرهای وابسته عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی نسبی می‌باشند، لذا پیش شرط اول اجرای این آزمون مورد تأیید قرار می‌گیرد.

پیش شرط دوم به بررسی این موضوع می‌پردازد که متغیرهای وابسته می‌بایست از توزیع نرمالی تبعیت کنند. بنابراین براساس جدول ۵ و بر مبنای آزمون شاپیرو-ویلک، تمامی متغیرهای وابسته دارای توزیع نرمال می‌باشند، بنابراین این پیش شرط نیز مورد تأیید قرار گرفت.

^۵. Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)



در این پیش شرط، برابری واریانس‌ها یا همان همگنی پراکندگی نمرات متغیرهای وابسته در هر دو گروه متغیر مستقل مورد بررسی واقع می‌شوند تا نتایج حاصل از تحلیل واریانس چند متغیره، نزدیک به واقعیت باشد. چرا که عدم برابری واریانس‌ها در هر دو گروه متغیر مستقل، توازن بین دو گروه را از برهم می‌زند و در نتیجه نتایج دور از واقعیت خواهند شد. اکنون در جدول ۵ با استفاده از آزمون لون برابری واریانس‌ها در فرضیه دوم پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۵: بررسی برابری واریانس‌های متغیرهای وابسته در فرضیه دوم پژوهش

متغیرهای وابسته	آماره	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معناداری
عملکرد تعادلی	۳/۰۲۹	۱	۲۸	۰/۰۹۳
قدرت عضلانی	۲/۸۲۴	۱	۲۸	۰/۱۰۴
استقامت عضلانی (آزمون شنا سوئدی)	۰/۵۰۴	۱	۲۸	۰/۴۸۴
استقامت عضلانی (آزمون دراز و نشست)	۰/۱۹۱	۱	۲۸	۰/۶۶۵
استقامت عضلانی (آزمون بارفیکس اصلاح شده)	۲/۶۲	۱	۲۸	۰/۱۱۷
استقامت عضلانی (آزمون پلانک)	۱/۷۷۱	۱	۲۸	۰/۱۹۴
ترکیب بدنی	۰/۶۳۳	۱	۲۸	۰/۴۳۳

همانطور که از جدول ۶ پیداست، سطوح معناداری بدست آمده از آماره آزمون لون برای متغیرهای وابسته مذکور، بزرگتر از ۰/۰۵ می‌باشند که نشان می‌دهد با سطح اطمینان ۹۵٪ واریانس‌ها یا همان پراکندگی نمرات متغیرهای وابسته در دو گروه متغیر مستقل (تمرینات پیلاتس و ایروبیک)، با یکدیگر برابر می‌باشند و این بدان معناست که تفاوت مشاهده شده در واریانس‌های گروه‌ها به قدری نیست که با اطمینان گفته شود، این تفاوت به صورت تصادفی رخ داده است. پس بر مبنای نتیجه مذکور، پیش شرط چهارم که همان برابری واریانس‌ها است، تأیید می‌گردد.

حال از آنجا که هر سه پیش شرط اجرای آزمون پیشرفته تحلیل واریانس چند متغیره مورد تأیید قرار گرفتند، لذا استفاده از این آزمون برای فرضیه دوم پژوهش از حیث آماری مورد تأیید واقع می‌شود. اکنون با توجه به آزمون تحلیل واریانس چند متغیره، در جدول ۶ فرضیه دوم پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۶: بررسی فرضیه دوم پژوهش

متغیر وابسته	گروه (متغیر مستقل)	میانگین	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری
عملکرد تعادلی	پیلاتس	۳۴/۱۳	۱۳۲/۳	۱	۱۳۲/۳	۵/۸۵۵	۰/۰۲۲
	ایروبیک	۲۹/۹۳					



۰/۰۲۲	۵/۸۹۸	۱۱۶/۴۶۶	۱	۱۱۶/۴۶۶	۳۴/۹۵	پيلاتس	قدرت
					۳۱/۰۱	ايروبيک	عضلانی
۰/۰۱۲	۷/۲۶۷	۱۰۰/۸۳۳	۱	۱۰۰/۸۳۳	۱۹/۴	پيلاتس	استقامت
					۱۵/۷۳	ايروبيک	عضلانی (آزمون شنا سوئدی)
۰/۰۳۵	۴/۹۰۶	۱۲۸/۱۳۳	۱	۱۲۸/۱۳۳	۲۳/۵۳	پيلاتس	استقامت
					۱۹/۴	ايروبيک	عضلانی (آزمون دراز و نشست)
۰/۰۱۸	۶/۲۷۱	۶۴/۵۳۳	۱	۶۴/۵۳۳	۱۵/۸	پيلاتس	استقامت
					۱۲/۸۶	ايروبيک	عضلانی (آزمون بارفیکس اصلاح شده)
۰/۰۴۵	۴/۳۹۱	۲۱۴۶/۶۴	۱	۲۱۴۶/۶۴	۱۱۵/۷۷	پيلاتس	استقامت
					۹۸/۸۵	ايروبيک	عضلانی (آزمون پلانک)
۰/۰۳۹	۴/۷۱۲	۴۹/۸۴۶	۱	۴۹/۸۴۶	۲۳/۶۶	پيلاتس	ترکیب بدنی
					۲۱/۰۸	ايروبيک	

براساس جدول ۶ می‌توان گفت که در وهله نخست، در خصوص تمامی متغیرها، میانگین گروهی که تمرینات پيلاتس را انجام داده اند، بیشتر از گروهی است که تمرینات ايروبيک را پيش برده‌اند و اين نشان می‌دهد که در متغیرهای عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی و استقامت عضلانی وضعیت افرادی که تمرینات پيلاتس را انجام داده‌اند، بهتر از افراد با تمرینات ايروبيک است، در حالی که چون وضعیت مطلوب در ترکیب بدنی در حقیقت کمتر بودن مقادیر آن است، بنابراین افرادی که تمرینات ايروبيک را پيش برده‌اند، عملکرد بهتری نسبت به گروهی که تمرینات پيلاتس را انجام داده‌اند، دارند. در مرحله بعدی می‌توان نتیجه گرفت که سطوح معناداری تمامی متغیرهای مذکور کمتر از ۰/۰۵ هستند و این در حقیقت نشان می‌دهد بین دو گروه پيلاتس و ايروبيک در خصوص متغیرهای عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکب بدنی تفاوت معناداری حاکم است. بنابراین در کل می‌توان گفت که بین ده هفته پيلاتس و ايروبيک بر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش‌آموزان متوسطه دوم ملایر تفاوت معنی‌داری وجود دارد. پس فرض H_0 رد و فرض H_1 تائید می‌شود و بنابراین فرضیه دوم پژوهش مورد تائید قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری



پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه اثربخشی ده هفته تمرین پیلاتس و ایروبیک بر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی دانش‌آموزان دختر متوسطه دوم شهرستان ملایر، با بهره‌گیری از طرحی نیمه‌تجربی و مقایسه دو گروه آزمایش با یک گروه کنترل، طراحی و اجرا شد. یافته‌های به‌دست‌آمده از آزمون فرضیه‌های پژوهش، مجموعه‌ای غنی، چندبعدی و از جهاتی افتراقی از شواهد علمی را در اختیار پژوهشگران، مربیان و سیاست‌گذاران حوزه تربیت‌بدنی قرار می‌دهد که در ادامه به تفصیل، از زوایای مختلف نظری و کاربردی، مورد بحث، تبیین و جمع‌بندی قرار می‌گیرد.

نخستین یافته کلیدی پژوهش حاضر آن بود که ده هفته تمرین پیلاتس به‌طور معناداری موجب بهبود عملکرد تعادلی دانش‌آموزان دختر متوسطه دوم ملایر شد. اندازه اثر به‌دست‌آمده در این خصوص برابر با $0/807$ بود که نشان می‌دهد متغیر مستقل ده هفته تمرین پیلاتس به میزان قابل‌توجه ۸۱ درصد بر متغیر وابسته عملکرد تعادلی تأثیرگذار بوده است؛ رقمی که در ادبیات پژوهشی حوزه علوم ورزشی، اندازه اثری بسیار بزرگ و درخور توجه محسوب می‌شود و بیانگر قدرت تبیین بالای این مداخله تمرینی در حوزه مهارت‌های تعادلی نوجوانان است. این یافته با نتایج پژوهش یوکا و همکاران (۲۰۲۱) که به بررسی تأثیر تمرینات هسته‌ای انجام‌شده با توپ پیلاتس بر عملکرد تعادل ایستا و پویای فوتبالیست‌ها پرداخته بودند و تأثیر مثبت این نوع تمرینات را بر تعادل بازیکنان و افراد کم‌تحرک تأیید کرده بودند، کاملاً هم‌راستا و هم‌جهت است. علت این هم‌سویی را می‌توان در اشتراک نظری دو پژوهش جست‌وجو کرد؛ چرا که هر دو مطالعه بر نقش محوری تمرینات مبتنی بر عضلات مرکزی بدن (Core Muscles) در ارتقای مهارت‌های تعادلی تأکید دارند و از این منظر، یافته‌های پژوهش حاضر به‌عنوان تأییدی مضاعف و در بستری متفاوت (دانش‌آموزان دختر نوجوان به‌جای ورزشکاران حرفه‌ای فوتبال) بر این نظریه محسوب می‌شود. از منظر مکانیسم‌های فیزیولوژیک و عصبی-عضلانی، می‌توان گفت پیلاتس به‌واسطه سه اصل بنیادین خود -یعنی تقویت عضلات عمقی تنه، بهبود آگاهی ذهن‌بدن و ارتقای کنترل پاسچرال- بستری مناسب برای تقویت سیستم‌های حسی حرکتی دخیل در حفظ تعادل فراهم می‌آورد. تمرینات پیلاتس با درگیر کردن هم‌زمان عضلات ثبات‌دهنده ستون فقرات و لگن، موجب بهبود هماهنگی میان سیستم عصبی مرکزی، سیستم حسی و سیستم عضلانی اسکلتی می‌شود که این هماهنگی، به‌عنوان بنیان اصلی «نظریه سیستم‌ها» در کنترل حرکتی، مستقیماً بر توانایی فرد در حفظ تعادل ایستا و پویا اثرگذار است. بر این اساس می‌توان با اطمینان نتیجه گرفت که گنجاندن نظام‌مند تمرینات پیلاتس در برنامه‌های ورزشی مدارس دخترانه می‌تواند به‌طور مؤثری به تقویت مهارت‌های تعادلی، بهبود هماهنگی حرکتی و در نتیجه کاهش خطر آسیب‌های ناشی از عدم تعادل در فعالیت‌های روزمره و ورزشی دانش‌آموزان کمک شایانی کند.

دومین و شاید مهم‌ترین یافته پژوهش حاضر، که وجه تمایز اصلی آن با بسیاری از مطالعات پیشین محسوب می‌شود، به مقایسه مستقیم اثربخشی ده هفته تمرین پیلاتس و ایروبیک بر مجموعه‌ای جامع از شاخص‌های آمادگی جسمانی -شامل عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی- اختصاص داشت. نتایج تحلیل واریانس چندمتغیره نشان داد که میان دو گروه پیلاتس و ایروبیک در تمامی این چهار متغیر، تفاوت معناداری با سطح معناداری کمتر از $0/05$ وجود دارد. با این حال، نکته‌ای که این یافته را از حالت ساده یک «برتری مطلق» خارج کرده و به آن غنای نظری و کاربردی می‌بخشد، آن است که جهت این برتری در همه متغیرها یکسان نبوده و الگوی افتراقی، منطقی و از منظر فیزیولوژیک قابل تبیین را نشان می‌دهد.

به‌طور دقیق‌تر، در سه متغیر عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی و استقامت عضلانی، وضعیت دانش‌آموزانی که تمرینات پیلاتس را انجام داده بودند به‌طور معناداری بهتر از گروه ایروبیک بود؛ به‌گونه‌ای که اندازه اثر تمرینات پیلاتس بر این سه متغیر به‌ترتیب ۸۱



درصد بر عملکرد تعادلی، ۶۰ درصد بر قدرت عضلانی و ۵۱ درصد بر استقامت عضلانی برآورد شد. در مقابل، در متغیر ترکیب بدنی - با این توضیح که وضعیت مطلوب در این شاخص در واقع کمتر بودن مقادیر آن (شاخص توده بدنی) است- گروه ایروبیک با اندازه اثر ۸۸ درصد، عملکرد به مراتب بهتری نسبت به گروه پیلاتس از خود نشان داد؛ ضمن آن که تمرینات ایروبیک با اندازه اثر ۷۴ درصد نیز بر بهبود تعادل مؤثر واقع شدند، هرچند این میزان اثرگذاری همچنان کمتر از تأثیر پیلاتس بر این متغیر بود.

این الگوی یافته‌ها با نتایج پژوهش سبحانی و زاهدی (۱۳۹۵) که به مقایسه اثر دو روش تمرینی ایروبیک و پیلاتس بر انگاره بدنی و اختلالات خوردن دانشجویان دختر پرداخته و هر دو روش را در بهبود تصور بدنی و کاهش خطر اختلالات خوردن مؤثر دانسته بودند، از حیث ساختار مقایسه‌ای پژوهش هم‌راستا است؛ چرا که هر دو مطالعه با اتخاذ رویکردی مقایسه‌ای، به بررسی هم‌زمان تأثیر این دو نوع مداخله تمرینی پرداخته‌اند. با این حال باید توجه داشت که در پژوهش سبحانی و زاهدی، تفاوت معناداری میان اثربخشی دو روش گزارش نشده بود، درحالی که پژوهش حاضر با بهره‌گیری از طیف گسترده‌تر و متنوع‌تری از متغیرهای جسمانی (به جای صرفاً متغیرهای روان‌شناختی مرتبط با تصویر بدنی)، موفق به شناسایی الگوی افتراقی، دقیق و معنادار میان این دو روش تمرینی شد؛ تفاوتی که می‌تواند ناشی از ماهیت متفاوت سازه‌های مورد سنجش در دو پژوهش باشد. از سوی دیگر، پژوهش میشنکو و همکاران (۲۰۲۰) که به بررسی تأثیر برنامه پیلاتس بر تربیت بدنی اضافی دختران دبیرستانی ۱۵ تا ۱۷ ساله پرداخته و افزایش معنادار در شاخص‌های سلامت جسمانی، آمادگی عملکردی، ترکیب بدنی، قدرت عضلانی و تعادل را در پی اجرای این برنامه گزارش کرده بودند، به دلیل فقدان گروه مقایسه‌ای ایروبیک، از نظر روش‌شناختی قادر به پاسخ‌گویی مستقیم به پرسش «تفاوت اثربخشی میان دو روش» نبود؛ همین محدودیت، اهمیت و جایگاه ویژه طرح مقایسه‌ای سه گروهی پژوهش حاضر (پیلاتس، ایروبیک و کنترل) را در پر کردن این خلأ پژوهشی و روشن‌ساختن یک تصویر دقیق‌تر و کاربردی‌تر از اثربخشی نسبی این دو روش، دوچندان می‌سازد.

از منظر فیزیولوژی ورزشی، این الگوی افتراقی مشاهده‌شده را می‌توان به‌خوبی بر پایه ماهیت متفاوت دو نوع مداخله تمرینی تبیین کرد. تمرینات پیلاتس، به دلیل تمرکز اصلی خود بر تقویت عضلات مرکزی و عمقی تنه، اجرای حرکات کنترل‌شده و آهسته با دامنه حرکتی دقیق، بهره‌گیری از تکنیک‌های تنفسی خاص و تأکید بر کیفیت حرکت به جای کمیت آن، محرک مناسبی برای انطباق‌های عصبی-عضلانی فراهم می‌آورد که مستقیماً بر بهبود قدرت، استقامت موضعی عضلات تنه و کنترل پاسچرال (که زیربنای عملکرد تعادلی است) اثرگذار است. در مقابل، تمرینات ایروبیک، به دلیل ماهیت هوازی، تکرارشونده، ریتمیک و با شدت متوسط تا بالای خود که معمولاً با موسیقی و حرکات پیوسته همراه است، محرک مطلوب‌تری برای افزایش مصرف انرژی، تحریک متابولیسم چربی و در نتیجه بهبود ترکیب بدنی و کاهش شاخص توده بدنی فراهم می‌کند؛ ضمن آنکه ماهیت پویا و جابه‌جایی مکرر بدن در فضا در حین اجرای حرکات ایروبیک، می‌تواند تا حدی به تقویت جنبه‌های پویای تعادل نیز کمک کند، هرچند این تأثیر به اندازه تأثیر عمیق و هدفمند پیلاتس بر ثبات مرکزی بدن نیست.

با جمع‌بندی مجموع یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان به این نتیجه کلی، منسجم و راهبردی دست یافت که هر دو روش تمرینی پیلاتس و ایروبیک، مداخلاتی اثربخش، ایمن، کم‌هزینه، در دسترس و به‌سادگی قابل اجرا در بستر مدارس برای ارتقای شاخص‌های آمادگی جسمانی دانش‌آموزان دختر متوسطه دوم محسوب می‌شوند، اما هیچ‌یک از این دو روش را نمی‌توان به‌طور مطلق بر دیگری برتر دانست؛ چرا که هر یک از آن‌ها حوزه اثرگذاری اختصاصی و متمایز خود را دارا هستند. به بیان دقیق‌تر، تمرینات پیلاتس در ارتقای مؤلفه‌های عصبی-عضلانی آمادگی جسمانی -یعنی عملکرد تعادلی، قدرت عضلانی و استقامت عضلانی- از کارایی و برتری قابل توجهی



برخوردار است، درحالی که تمرینات ایروبیک در حوزه مدیریت وزن، کاهش شاخص توده بدنی و بهبود کلی ترکیب بدنی اثربخشی بیشتری از خود نشان می‌دهد. این یافته‌ها به‌روشنی بیانگر آن است که پیلاتس و ایروبیک را باید نه به‌عنوان دو روش رقیب، بلکه به‌عنوان دو رویکرد مکمل و هم‌افزا در نظام تمرینی نوجوانان در نظر گرفت؛ رویکردی که انتخاب یا حتی ترکیب هدفمند آن‌ها باید متناسب با هدف اصلی مداخله -خواه ارتقای کنترل حرکتی، تعادل و قدرت عضلانی، و خواه مدیریت وزن و اصلاح ترکیب بدنی- و همچنین نیازها، اولویت‌ها و شرایط جسمانی اختصاصی هر دانش‌آموز یا گروه هدف صورت گیرد.

از منظر کاربردی، یافته‌های این پژوهش می‌تواند مبنای علمی مستحکمی برای مسئولین آموزش و پرورش، مدیران مدارس، مربیان تربیت بدنی و طراحان برنامه‌های درسی ورزشی فراهم آورد تا با گنجاندن اصولی و هدفمند تمرینات پیلاتس و ایروبیک -به‌صورت مجزا برای دستیابی به اهداف اختصاصی، یا به‌صورت ترکیبی و چرخشی در طول سال تحصیلی برای دستیابی هم‌زمان به بهبود مؤلفه‌های عصبی-عضلانی و متابولیک- در برنامه‌های ورزشی مدارس دخترانه، گامی عملی و مؤثر در جهت ارتقای سطح آمادگی جسمانی نسل نوجوان بردارند. با توجه به شیوع فزاینده و نگران‌کننده کم‌حرکی، اضافه‌وزن و چاقی در میان دانش‌آموزان کشور و پیامدهای جسمی، روانی و اجتماعی گسترده ناشی از آن، به‌کارگیری چنین مداخلات ورزشی ساختاریافته، علمی، ایمن و کم‌هزینه‌ای می‌تواند نقشی کلیدی و پیشگیرانه ایفا کند.

برای پژوهش‌های آتی نیز پیشنهاد می‌شود که این مقایسه در نمونه‌های بزرگ‌تر، در هر دو جنس و در گروه‌های سنی متفاوت تکرار شود؛ همچنین بررسی پایداری اثرات این دو نوع مداخله در یک دوره پیگیری بلندمدت پس از پایان تمرینات، و نیز طراحی پروتکل‌های تمرینی ترکیبی (پیلاتس-ایروبیک) و سنجش اثربخشی احتمالاً هم‌افزای آن‌ها بر مجموع شاخص‌های آمادگی جسمانی، می‌تواند به غنای بیشتر ادبیات پژوهشی این حوزه کمک کند. در نهایت، می‌توان گفت نتایج پژوهش حاضر، با روشن‌ساختن نقش اختصاصی و مکمل هر یک از این دو روش تمرینی، سهمی مؤثر در ارتقای دانش علمی موجود در زمینه آمادگی جسمانی نوجوانان ایفا کرده و افقی روشن برای طراحی مداخلات ورزشی هدفمندتر در جهت تضمین سلامت جسمانی و روانی و بهبود کیفیت زندگی نسل نوجوان و آینده‌ساز جامعه ترسیم می‌کند.

منابع

منابع فارسی

۱. سایت تحلیلی خبری عصر ایران (۱۴۰۲). <https://www.asriran.com/fa/news/908054>.
۲. رضازاده خادم، آرش (۱۴۰۱). مقایسه اندازه‌ها و ترکیب بدنی دانش‌آموزان نخبه المپیادهای علمی به تفکیک استان‌های کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
۳. زاهدی، حمید و عابدینی، الهه (۱۳۹۹). مقایسه اثر یک دوره برنامه تمرینی ایروبیک و عملکردی بر تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان نیمه شنا. پژوهشنامه مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی، ۱۶(۳۲)، ۸۹-۱۰۰.
۴. محمدی ارانی، معصومه؛ رهنما، نادر (۱۴۰۰). مقایسه اثر تمرینات با تخته تعادل و پیلاتس و ترکیبی بر تعادل ایستا و پویای زنان سالمند. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی، ۱۴(۱)، ۲۱-۳۰.



۵. باقری، نیلوفر؛ جعفری، فاطمه؛ فیروزی، فاطمه؛ رنجبر نوعی، فاطمه؛ توکلی، طیبه و حکمتی پور، نفیسه (۱۴۰۲). تأثیر ورزش پیلاتس بر قدرت عضلانی دانش‌آموزان دختر. ششمین همایش ملی مراقبت و درمان، علی‌آباد.
۶. همت، مریم (۱۴۰۳). تأثیر تمرینات پیلاتس با و بدون آنتی‌اکسیدان بر درد، ناتوانی و استقامت عضلات خم‌کننده و گشادکننده دختران دانش‌آموز مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی. سومین همایش بین‌المللی تربیت‌بدنی، سلامت و علوم ورزشی، همدان.
۷. محمدقلی‌نژاد، پرستو؛ عطایی، فاطمه؛ بیگ‌مرادی، سمیرا و صفری، مهری (۱۴۰۱). ورزش ایروبیکی بر ترکیب بدن و قدرت عضلانی دختران. هشتمین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نو در مامایی، زنان، زایمان و نازایی <https://civilica.com/doc/1566356>.
۸. رحیمی، مهدی (۱۴۰۲). اثربخشی آموزش ایروبیکی بر پذیرش خود و خلاقیت دانش‌آموزان. دومین کنفرانس بین‌المللی و سومین همایش ملی یافته‌های نوین در مدیریت، روان‌شناسی و حسابداری، تهران.

منابع لاتین

9. Ölmez, C., & Akcan, I. O. (2022). An Investigation of Physical Traits and Strength Parameters Affecting Balance Performance. *Journal for the Study of Sports and Athletes in Education*, 17(1), 29–38.
10. Schedler, S., Gramann, K., Hill, M., & Muehlbauer, T. (2024). Balance Performance of Healthy Young Individuals in Real versus Matched Virtual Environments: A Systematic Scoping Review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 18, 1–10.
11. Haff, G. G. (2018). Strength – Isometric and Dynamic Testing. In *Performance Assessment in Strength and Conditioning* (pp. 1–27). Routledge.
12. Silva Junior, M. C. P., Menezes, E. C., Mendonça, G., & Lima, L. R. A. (2022). Muscle Endurance of Brazilian Children and Adolescents: A Systematic Review of the Literature. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 24, e84728.
13. Saraswati, I. A. P. P., Ambartana, I. W., & Kencana, I. K. (2022). Hubungan Tingkat Konsumsi Energi dan Status Gizi dengan Daya Tahan Otot Atlet Judo di Satria Jaya Judo Club Kota Denpasar. *Jurnal Ilmu Gizi: Journal of Nutrition Science*, 11(4), 233–240. (در متن با سال ۲۰۲۳ ذکر شده؛ در فهرست)
- (منابع سال ۲۰۲۲ درج شده — به تناقض توجه کنید)
14. Rokowski, R., Michailov, M. L., Maciejczyk, M., Wiecek, M., Szymura, J., Draga, P., Trendafilov, P., & Szygula, Z. (2021). Muscle Strength and Endurance in High-Level Rock Climbers. *Sports Biomechanics*, 23(8), 1–16.
15. Holmes, C. J., & Racette, S. B. (2021). The Utility of Body Composition Assessment in Nutrition and Clinical Practice: An Overview of Current Methodology. *Nutrients*, 13(8), 2493.
16. Gómez, S. L., Catalán, V., Frühbeck, G., & Ambrosi, J. G. (2023). Relevance of Body Composition in Phenotyping the Obesities. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 24, 809–823.
17. Alice, A., Yadav, M., Verma, R., Kumari, M., & Arora, S. (2022). Effect of Obesity on Balance: A Literature Review. *International Journal of Health Sciences*, 6(S4), 3261–3279.
18. Mehren, A., Özyurt, J., Lam, A. P., Brandes, M., Müller, H. H. O., Thiel, C. M., & Philipsen, A. (2019). Acute Effects of Aerobic Exercise on Executive Function and Attention in Adult Patients with ADHD. *Frontiers in Psychiatry*, 10, 132.
19. Yoka, K., Akıl, M., & Top, E. (2021). The Effect of Core Training Performed with Pilates Ball on the Static and Dynamic Balance Performance of Footballers. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 15(3), 429–439.



20. Zhang, A., & Sun, H. (2024). Experimental Study on the Effect of Pilates Training on the Correction of O-Shaped Legs in College Students. *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media*, 58, 160–167.
21. Kaouri, I., Argiriadou, E., Katartzi, E., Praskidou, A. K., Vrabas, I., & Mavrovouniotis, F. (2024). Assessment of the Effectiveness of a Pilates Program on Physical Fitness among Adolescent Students in School. *Alberta Journal of Educational Research*, 70(1), 98.
22. Baxi, G. D., Randive, R., Gohil, D., Basu, S., & Palekar, T. J. (2021). Comparison of Pilates and Dance Aerobics on Peak Expiratory Flow Rate, Body Composition, and Core Strength in Overweight and Grade 1 Obese Individuals – A Randomized Control Trial. *BLDE University Journal of Health Sciences*, 6, 121–126.
23. Muehlbauer, T., Eckardt, L., Höptner, L., & Hill, M. W. (2024). Effect of Low versus High Balance Training Complexity on Balance Performance in Male Adolescents. *BMC Research Notes*, 17, 149.
24. Umemura, G. S., Furtado, F., Santos, F. C., Gonçalves, B. S. B., & Cordero, A. F. (2022). Is Balance Control Affected by Sleep Deprivation? A Systematic Review of the Impact of Sleep on the Control of Balance. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 1–10.
25. Cengiz, Ş., & Coşkun, E. S. (2023). Denge Yetisi ve Sportif Performans İlişkisi. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 189–205.
26. Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2005). Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOT-2). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/t14991-000>
27. Mischenko, N. Y., Kolokoltsev, M., Romanova, E., Tsapov, E., Ustselemov, S., Tsaytler, E., & Purevdorj, D. (2020). Pilates Program Use for High School Girls' Additional Physical Education. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(6), 3485–3490.

Effectiveness and Comparison of Ten Weeks of Pilates and Aerobics Training on Balance Performance, Muscular Strength, Muscular Endurance, and Body Composition of Malayer High School Students



Elaheh Bahmani Barzideh^a, Zahra Sayevand^{*b}

1. a Master of Science in Exercise Physiology, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran

2. b Assistant Professor, Department of Physical Education, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran

Abstract

This study aimed to investigate and compare the effect of ten weeks of Pilates and aerobics training on physical fitness indicators including balance, muscular strength, muscular endurance, and body composition of Malayer female high school students and attempted to identify the most efficient training method appropriate to their needs. This study was a quasi-experimental study. The statistical population of the study included all female high school students in Malayer city in the academic year 2014-2015, and the statistical sample was estimated using a multi-stage cluster method, with a sample size of 45 female high school students randomly assigned to 3 groups: a 10-week Pilates training program (first experiment), a 10-week aerobic training program (second experiment), and a control group. Balance performance in the present study was measured using a tool designed by Brunineks and Brunineks (2005), called the Brunineks-Ozeretsky Motor Proficiency Test. The one-repetition maximum test was used to examine upper and lower body muscle strength. The Swedish push-up, sit-up, modified pull-up, and plank exercises were used to measure muscular endurance. Body composition in the present study was measured by body mass index (BMI). For statistical analyses, Shapiro-Wilk was used to examine the normality of the research variables, univariate analysis of covariance, and multivariate analysis of variance were used to examine the hypothesis tests. The results of the study showed that ten weeks of Pilates training in Malayer high school students significantly increased balance performance (effect size 0.807 or 81%), muscle strength (0.595 or 60%), and muscle endurance (0.513 or 51%), and decreased body composition (0.422 or 42%). Ten weeks of aerobic training also improved balance performance (0.737 or 74%), muscle strength (0.164 or 16%), muscle endurance (0.044 or 4%), and body composition (0.879 or 88%). Comparison between the two groups showed that Pilates was superior in improving balance performance, strength and muscular endurance, while aerobics was more effective in improving body composition, and all differences were significant. It is suggested that in order to fully improve the physical fitness indicators of students, integrated programs including Pilates and aerobics exercises should be implemented periodically and regularly in secondary schools to maximize the benefits of both methods. This can improve both balance, strength and muscular endurance, as well as body composition.

Keywords: Balance performance, Muscular strength, Muscular endurance, Body composition