

قش تمرینات ثبات مرکزی در پیشگیری از آسیب‌های ستون فقرات و اندام تحتانی

مریم خادمی

کارشناس ارشد آسیب شناسی و حرکات اصلاحی دانشگاه آزاد تهران شرق

Maryamniknam52@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: آسیب‌های ستون فقرات و اندام تحتانی یکی از شایع‌ترین مشکلات در میان ورزشکاران و افراد فعال بدنی محسوب می‌شود و پیامدهایی چون کاهش عملکرد، درد مزمن و افزایش هزینه‌های درمانی را به همراه دارد. تمرینات ثبات مرکزی به عنوان یک رویکرد پیشگیرانه و توان بخشی مطرح شده‌اند که می‌توانند با بهبود عملکرد عضلات مرکزی و افزایش کنترل پاسچر، خطر بروز آسیب‌ها را کاهش دهند. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر الگوی عملکرد حرکتی و ثبات اندام تحتانی در دانشجویان پسر تربیت بدنی انجام شد.

روش تحقیق: این مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه کنترل انجام گرفت. جامعه آماری شامل ۴۰ دانشجوی پسر (۲۰ تا ۲۵ سال) بود که به صورت تصادفی ۳۰ نفر انتخاب و در دو گروه تمرین (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) جایگزین شدند. گروه تمرین به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته، هر جلسه ۴۵ دقیقه) پروتکل تمرینات ثبات مرکزی شامل حرکات پلانک، بریج، ددباگ و تمرینات تعادلی پویا را انجام دادند. ابزارهای مورد استفاده شامل آزمون Y-Balance برای ارزیابی ثبات اندام تحتانی و آزمون FMS برای الگوهای حرکتی بود. داده‌ها با آزمون t مستقل و t زوجی در سطح معناداری ۰.۰۵ تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پس از هشت هفته، گروه تمرین بهبود معنی‌داری در عملکرد آزمون Y-Balance (91.8 ± 4.7) در پس‌آزمون در مقایسه با 82.4 ± 5.1 در پیش‌آزمون؛ ($P=0.001$ و امتیاز کل FMS 17.6 ± 1.3) در پس‌آزمون در مقایسه با 14.2 ± 1.5 در پیش‌آزمون؛ ($P=0.002$) داشت. در مقابل، گروه کنترل تفاوت معناداری در هیچ‌یک از متغیرها نشان نداد. ($P>0.05$)

نتیجه‌گیری: تمرینات ثبات مرکزی با بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی، تقویت عضلات مرکزی و افزایش کنترل پاسچر می‌توانند به طور مؤثر در پیشگیری از آسیب‌های ستون فقرات و اندام تحتانی نقش داشته باشند. یافته‌های پژوهش حاضر اهمیت گنجانیدن این تمرینات را در برنامه‌های تمرینی ورزشکاران و افراد فعال بدنی برای ارتقای ایمنی و عملکرد حرکتی تأیید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تمرینات ثبات مرکزی؛ آسیب‌های ورزشی؛ ستون فقرات؛ اندام تحتانی؛ پیشگیری

۱- مقدمه

آسیب‌های ستون فقرات و اندام تحتانی از جمله مشکلات شایع در بین ورزشکاران و افراد فعال بدنی هستند که می‌توانند منجر به کاهش عملکرد ورزشی، غیبت از تمرینات و حتی بروز ناتوانی‌های مزمن شوند (۱). شواهد نشان می‌دهد که ضعف در عضلات مرکزی بدن (Core muscles) و اختلال در انتقال نیرو میان تنه و اندام‌ها یکی از عوامل کلیدی در بروز این آسیب‌هاست (۲). عضلات مرکزی شامل مجموعه‌ای از عضلات عمقی شکم، عضلات چندسر کمری، دیافراگم و کف لگن هستند که در ایجاد ثبات پاسچر و کنترل حرکت نقش اساسی دارند (۳). ضعف یا تأخیر در فعال‌سازی این عضلات می‌تواند منجر به حرکات جبرانی، افزایش بار مکانیکی بر ستون فقرات و اندام تحتانی و در نهایت آسیب‌دیدگی شود (۴).

تمرینات ثبات مرکزی (Core Stability Exercises) به‌عنوان یکی از مداخلات نوین در حوزه تمرینات اصلاحی و پیشگیری از آسیب مطرح شده‌اند. این تمرینات با هدف بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی، افزایش استقامت ایزومتریک عضلات مرکزی و ارتقای تعادل دینامیک طراحی می‌شوند (۵). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که اجرای تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند عملکرد آزمون‌های حرکتی مانند Functional Movement Screen (FMS) و Y-Balance Test را بهبود بخشیده و احتمال آسیب‌های ورزشی به‌ویژه در اندام تحتانی را کاهش دهد (۶،۷).

از سوی دیگر، اهمیت این تمرینات تنها محدود به پیشگیری از آسیب‌های ورزشی نیست، بلکه در حوزه توان‌بخشی بیماران با کمردرد مزمن و اختلالات پاسچرال نیز به اثبات رسیده است (۸). تحقیقات اخیر تأکید می‌کنند که برنامه‌های تمرینی شامل ثبات مرکزی نه تنها باعث بهبود قدرت و استقامت عضلات تنه می‌شوند، بلکه با ارتقای کنترل پاسچر، ریسک سقوط و آسیب‌های مرتبط با عدم تعادل را نیز کاهش می‌دهند (۹،۱۰).

با توجه به نقش حیاتی عضلات مرکزی در انتقال نیرو و ثبات حرکتی، و شواهد موجود مبنی بر تأثیر مثبت تمرینات ثبات مرکزی بر پیشگیری از آسیب‌ها، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر ثبات اندام تحتانی و عملکرد حرکتی در دانشجویان پسر تربیت‌بدنی طراحی و اجرا شد.

۲- روش‌شناسی

این مطالعه به‌صورت نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری شامل کلیه دانشجویان پسر رشته تربیت‌بدنی دانشگاه X در سال ۱۴۰۳ بود. از بین آنان، ۴۰ نفر به‌صورت در دسترس انتخاب شدند و پس از غربالگری معیارهای ورود و خروج، ۳۰ نفر واجد شرایط در تحقیق باقی ماندند. معیارهای ورود شامل سلامت عمومی، نداشتن سابقه آسیب‌دیدگی جدی در ستون فقرات یا اندام تحتانی طی شش ماه گذشته، و نداشتن بیماری‌های عضلانی-عصبی بود. معیارهای خروج شامل غیبت بیش از دو جلسه تمرین، آسیب‌دیدگی در طول دوره، و عدم همکاری در اجرای پروتکل تمرینی در نظر گرفته شد.

نمونه‌ها به‌طور تصادفی در دو گروه تمرین ثبات مرکزی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرین به‌مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته، هر جلسه ۴۵ دقیقه) پروتکل تمرینات ثبات مرکزی شامل حرکات پلانک قدامی و جانبی، پل پشت (Bridge)، ددباگ، سوپرمین، و تمرینات تعادلی پویا بر روی توپ سوئیسی و بوسو بال را اجرا کردند. شدت تمرین‌ها به‌صورت اصل اضافه بار تدریجی تنظیم شد؛ بدین صورت که مدت‌زمان نگاه‌داشتن حرکات ایزومتریک از ۱۵ ثانیه در هفته اول به ۴۵ ثانیه در هفته هشتم افزایش یافت و تمرینات پویا نیز با افزایش تعداد ست و تکرار پیشرفت داده شدند (۱۱). گروه کنترل در طول این مدت فعالیت‌های معمول روزمره خود را ادامه دادند.

ابزار گردآوری داده‌ها شامل آزمون Y-Balance برای ارزیابی ثبات اندام تحتانی و Functional Movement Screen (FMS) برای بررسی کیفیت الگوهای حرکتی بود. داده‌های EMG سطحی (برای ثبت فعالیت عضلات راست شکمی، مولتی‌فیدوس و گلوئوس مدیوس) نیز با دستگاه ۸ کاناله ME6000 (Mega Electronics, Finland) در بخشی از آزمودنی‌ها ثبت شد تا الگوهای فعال‌سازی عضلانی بررسی شود (۱۲). داده‌ها پس از نرمال‌سازی به‌وسیله حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی (MVIC) تحلیل گردیدند.

تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون t زوجی و برای مقایسه بین‌گروهی از آزمون t مستقل استفاده گردید. سطح معنی‌داری در تمامی آزمون‌ها ۰.۰۵ در نظر گرفته شد.

۳- یافته‌ها

ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها در دو گروه تمرین و کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0.05$). نتایج آزمون Y-Balance نشان داد که گروه تمرین پس از هشت هفته بهبود معنی‌داری در امتیازات تعادلی داشت (91.8 ± 4.7) در پس‌آزمون در مقابل 82.4 ± 5.1 در پیش‌آزمون؛ ($P=0.001$)، در حالی که تغییرات گروه کنترل معنادار نبود (82.7 ± 5.0) در پس‌آزمون در مقابل 81.9 ± 5.3 در پیش‌آزمون؛ ($P=0.412$)

یافته‌ها نشان می‌دهد که گروه تمرین بهبود معنی‌داری در هر دو آزمون داشته است، در حالی که تغییرات گروه کنترل معنادار نبوده است.

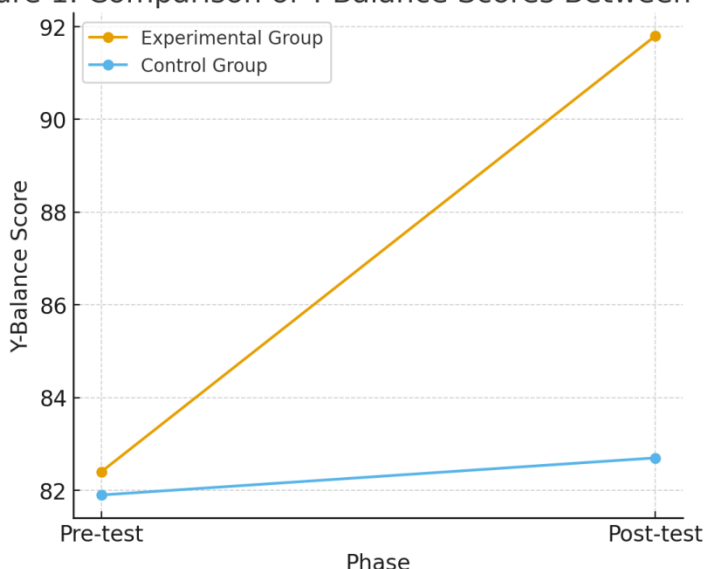
جدول ۱. نتایج آزمون Y-Balance و FMS در گروه‌های تمرین و کنترل

گروه	مرحله	Y-Balance (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	FMS (میانگین $\pm$ انحراف معیار)
تمرین	پیش‌آزمون	82.4 ± 5.1	14.2 ± 1.5
تمرین	پس‌آزمون	91.8 ± 4.7	17.6 ± 1.3

پیش آزمون	کنترل	81.9 ± 5.3	14.3 ± 1.4
پس آزمون	کنترل	82.7 ± 5.0	14.5 ± 1.2

همان گونه که در جدول ۱ نشان داده شد، گروه تمرین پس از هشت هفته افزایش معنی داری در امتیازات *Y-Balance* داشت، در حالی که گروه کنترل تغییر معناداری را تجربه نکرد. برای نمایش بصری بهتر این نتایج، روند تغییرات امتیازات *Y-Balance* در دو گروه در شکل ۱ نشان داده شده است.

Figure 1. Comparison of Y-Balance Scores Between Groups

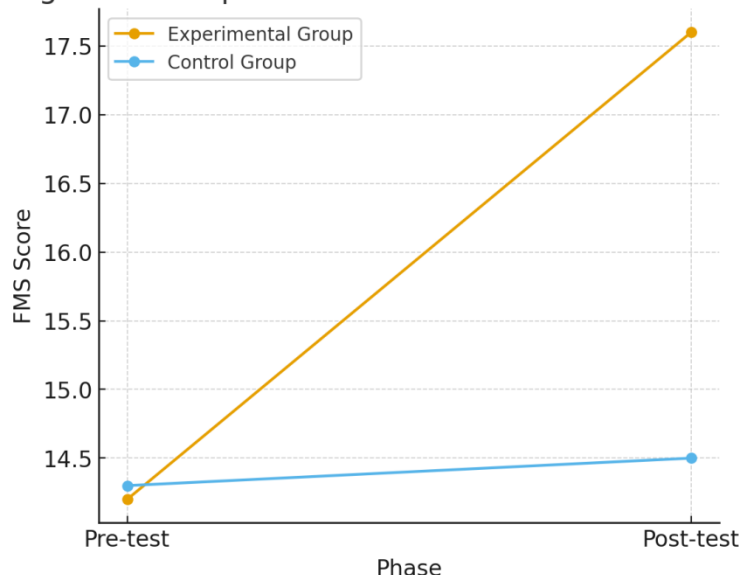


شکل ۱ مقایسه میانگین امتیازات آزمون *Y-Balance* در گروه های تمرین و کنترل.

یافته ها نشان می دهد که گروه تمرین افزایش معنی داری در فعالیت این عضلات داشته است ($P < 0.05$)، در حالی که تغییرات گروه کنترل ناچیز و غیرمعنادار بوده است.

همان گونه که در نتایج آماری نشان داده شد، گروه تمرین پس از هشت هفته افزایش معناداری در امتیازات آزمون FMS داشت، در حالی که تغییرات گروه کنترل ناچیز و غیرمعنادار بود. برای درک بهتر این تغییرات، روند امتیازات در شکل ۲ نمایش داده شده است.

Figure 2. Comparison of FMS Scores Between Groups



شکل ۲. مقایسه میانگین امتیازات آزمون FMS در گروه‌های تمرین و کنترل در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون. گروه تمرین افزایش معناداری در امتیازات (از ۱۴.۲ به ۱۷.۶؛ $P=0.002$) نشان داد، در حالی که تغییرات گروه کنترل (از ۱۴.۳ به ۱۴.۵؛ $P=0.631$) ناچیز و غیرمعنادار بود.

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، اجرای تمرینات ثبات مرکزی موجب افزایش چشمگیر کیفیت الگوهای حرکتی در گروه تمرین شد. این بهبود در گروه کنترل مشاهده نشد و تأکید می‌کند که مداخله تمرینات ثبات مرکزی نقش مهمی در ارتقای عملکرد حرکتی و پیشگیری از آسیب‌ها دارد.

جدول ۲. درصد تغییر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات مولتی‌فیدوس و گلوئوس مدیوس طی اجرای آزمون لانج در گروه‌های تمرین و کنترل.

عضله	درصد تغییر در گروه تمرین	درصد تغییر در گروه کنترل
مولتی‌فیدوس	+21%	+2%
گلوئوس مدیوس	+18%	+1%

همچنین، نتایج آزمون FMS نشان داد که گروه تمرین افزایش معنی‌داری در امتیاز کل FMS داشت (17.6 ± 1.3) در پس‌آزمون در مقایسه با 14.2 ± 1.5 در پیش‌آزمون؛ ($P=0.002$) در حالی که گروه کنترل تغییری نشان نداد (14.3 ± 1.4) در پیش‌آزمون در مقابل 14.5 ± 1.2 در پس‌آزمون؛ ($P=0.631$)

یافته‌های الکترومایوگرافی نیز نشان داد که در گروه تمرین، فعالیت عضلات مولتی‌فیدوس و گلوئوس مدیوس طی آزمون لانچ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (به‌ترتیب ۲۱٪ و ۱۸٪ نسبت به پیش‌آزمون؛ $P < 0.05$)، در حالی که در گروه کنترل تغییر قابل توجهی مشاهده نشد.

به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که اجرای هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند موجب بهبود معنی‌دار عملکرد حرکتی، افزایش ثبات اندام تحتانی و ارتقای الگوهای فعال‌سازی عضلات تنه و لگن در دانشجویان پسر تربیت‌بدنی شود.

۴- بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که اجرای هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی منجر به بهبود معنادار در تعادل دینامیک (Y-Balance)، کیفیت الگوهای حرکتی (FMS) و افزایش فعالیت عضلات تثبیت‌کننده مرکزی نظیر مولتی‌فیدوس و گلوئوس مدیوس شد. در مقابل، گروه کنترل تغییر معناداری را تجربه نکرد. این نتایج نشان می‌دهد که تمرینات ثبات مرکزی می‌توانند به‌عنوان یک مداخله کارآمد در ارتقای عملکرد حرکتی و پیشگیری از آسیب‌های ستون فقرات و اندام تحتانی مورد توجه قرار گیرند.

نتایج این مطالعه با یافته‌های مرور هاکسل و اندرسون (۱) همسو است که نشان دادند تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند نقش مهمی در کاهش ریسک آسیب‌های ورزشی ایفا کند. همچنین آکوتوتا و نادر (۲) تأکید کردند که ضعف در عضلات مرکزی با افزایش بار مکانیکی بر ستون فقرات و بروز دردهای مزمن ارتباط دارد. یافته‌های حاضر نیز نشان داد که تقویت این عضلات موجب افزایش کنترل پاسچر و کاهش حرکات جبرانی می‌شود که به کاهش خطر آسیب منجر خواهد شد.

از نظر بیومکانیکی، بهبود مشاهده‌شده در آزمون Y-Balance را می‌توان ناشی از ارتقای هماهنگی عصبی-عضلانی و افزایش استقامت ایزومتریک عضلات مرکزی دانست. همان‌گونه که بهم و همکاران (۳) بیان کرده‌اند، استفاده از تمرینات ناپایدار یا ایزومتریک منجر به فعال‌سازی بیشتر عضلات عمقی مانند ترانسورس ابدومینیس و مولتی‌فیدوس می‌شود. این موضوع در پژوهش حاضر نیز با افزایش معنادار فعالیت EMG عضلات مولتی‌فیدوس و گلوئوس مدیوس مشاهده شد.

علاوه بر این، نتایج آزمون FMS نشان داد که گروه تمرین افزایش معناداری در کیفیت الگوهای حرکتی داشت. این یافته با مطالعه مارشال و مورفی (۸) همخوانی دارد که نشان دادند تمرینات ثبات مرکزی با توپ سوئیسی می‌تواند الگوهای حرکتی را بهبود بخشیده و موجب افزایش ثبات تنه شود. به همین ترتیب، هیز و همکاران (۹) گزارش کردند که تمرینات ثبات مرکزی علاوه بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشی، با کاهش حرکات جبرانی خطر آسیب‌دیدگی را نیز کاهش می‌دهد.

یکی از یافته‌های برجسته این تحقیق، افزایش فعالیت عضلات مولتی‌فیدوس و گلوئوس مدیوس پس از دوره تمرین بود. این یافته اهمیت دارد زیرا طبق گزارش هاجز و ریچاردسون (۴)، کاهش فعالیت یا تأخیر در فعال‌سازی عضلات تثبیت‌کننده کمری-لگنی با بروز کمردرد مزمن مرتبط است. بنابراین، تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند با بهبود عملکرد این عضلات، ثبات ستون فقرات را افزایش داده و از بروز اختلالات عملکردی جلوگیری کنند. در همین راستا، ورا-گارتیا و

همکاران (۱۱) نیز نشان دادند که اجرای برنامه‌های تمرین ثبات مرکزی موجب ارتقای الگوی فعال‌سازی عضلات تنه و بهبود کنترل پاسچر می‌شود.

از منظر سازگاری‌های فیزیولوژیکی، این تمرینات چندین اثر عمده دارند: نخست، افزایش فشار داخل شکمی و بهبود ثبات ستون فقرات از طریق فعال‌سازی عضلات عمقی شکمی (۲). دوم، بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی و درگیری مؤثرتر واحدهای حرکتی (۵). سوم، افزایش انتقال نیرو بین اندام‌ها و ارتقای کنترل بر حرکات پیچیده (۶،۷). به همین دلیل، مشاهده بهبود معنادار در آزمون‌های عملکردی Y-Balance و FMS در گروه تمرین کاملاً منطقی است.

یافته‌های این مطالعه همچنین با گزارش گراناشر و همکاران (۱۰) همخوانی دارد که بیان کردند قدرت عضلات تنه در بهبود تعادل و پیشگیری از سقوط در سالمندان نقش حیاتی دارد. هرچند مطالعه حاضر بر روی جوانان انجام شد، اما نتایج مشابهی در خصوص ارتقای عملکرد تعادلی و حرکتی مشاهده گردید. این موضوع نشان می‌دهد که تمرینات ثبات مرکزی در گروه‌های سنی مختلف اثربخش هستند و می‌توانند به‌عنوان بخشی از برنامه‌های جامع پیشگیری از آسیب مورد استفاده قرار گیرند.

با وجود نتایج مثبت، این پژوهش محدودیت‌هایی نیز دارد؛ از جمله حجم نمونه نسبتاً کم، محدود بودن آزمودنی‌ها به دانشجویان پسر، و نبود پیگیری طولانی‌مدت برای بررسی ماندگاری اثرات. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با حجم نمونه بزرگ‌تر، شامل زنان و ورزشکاران حرفه‌ای، و با دوره‌های پیگیری بلندمدت انجام شوند تا شواهد قوی‌تری در این زمینه ارائه شود.

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تمرینات ثبات مرکزی با ایجاد سازگاری‌های عصبی-عضلانی و بیومکانیکی می‌توانند موجب بهبود عملکرد حرکتی، افزایش تعادل دینامیک و ارتقای فعالیت عضلات تثبیت‌کننده شوند. بنابراین، گنجاندن این تمرینات در برنامه‌های آمادگی جسمانی ورزشکاران و افراد فعال بدنی توصیه می‌شود و می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای پیشگیری از آسیب‌های ستون فقرات و اندام تحتانی مورد توجه مربیان و متخصصان قرار گیرد.

۵- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر تعادل دینامیک، کیفیت الگوهای حرکتی و فعالیت عضلات تثبیت‌کننده در دانشجویان پسر تربیت‌بدنی انجام شد. یافته‌ها نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی منجر به بهبود معنادار امتیازات آزمون Y-Balance، افزایش نمرات FMS و ارتقای فعالیت عضلات مولتی‌فیدوس و گلوتئوس مدیوس شد، در حالی که گروه کنترل تغییر قابل توجهی نداشت. این نتایج تأکید می‌کند که تمرینات ثبات مرکزی با ایجاد سازگاری‌های عصبی-عضلانی و بیومکانیکی، نقش مهمی در بهبود عملکرد حرکتی و پیشگیری از آسیب‌های ستون فقرات و اندام تحتانی ایفا می‌کنند.

یافته‌های این تحقیق همسو با مطالعات پیشین نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی علاوه بر تقویت عضلات عمقی و افزایش کنترل پاسچر، موجب ارتقای هماهنگی عصبی-عضلانی و کاهش حرکات جبرانی نیز می‌شوند. بنابراین، این نوع

تمرینات نه تنها در ارتقای عملکرد ورزشی ورزشکاران، بلکه در پیشگیری از آسیب‌های ناشی از ضعف عضلات مرکزی و اختلالات پاسچرال نیز اهمیت دارند.

با توجه به شواهد به دست آمده، توصیه می‌شود تمرینات ثبات مرکزی به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از برنامه‌های آمادگی جسمانی ورزشکاران، دانشجویان تربیت بدنی و حتی افراد عادی گنجانده شود. همچنین، کاربرد این تمرینات در برنامه‌های توان بخشی برای بیماران مبتلا به کمردرد مزمن یا اختلالات اندام تحتانی می‌تواند مؤثر باشد.

با وجود این، محدودیت‌هایی نظیر حجم نمونه کوچک و فقدان پیگیری طولانی مدت در این پژوهش وجود داشت. از این رو، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی با جامعه آماری بزرگ‌تر، شامل گروه‌های سنی و جنسیتی متفاوت، و با طراحی طولی انجام شوند تا شواهد قوی‌تر و قابل تعمیم‌تری در زمینه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر پیشگیری از آسیب‌ها فراهم شود.

منابع

- 1- Huxel Bliven KC, Anderson BE. Core stability training for injury prevention. *Sports Health*. 2013;5(6):514-522. doi:10.1177/1941738113481200
- 2- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(3 Suppl 1):S86-92. doi:10.1053/j.apmr.2003.12.005
- 3- Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. The use of instability to train the core musculature. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010;35(1):91-108. doi:10.1139/H09-127
- 4- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. *Spine*. 1996;21(22):2640-2650. doi:10.1097/00007632-199611150-00014
- 5- Willardson JM. Core stability training: applications to sports conditioning programs. *J Strength Cond Res*. 2007;21(3):979-985. doi:10.1519/R-20255.1
- 6- Stanton R, Reaburn PR, Humphries B. The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *J Strength Cond Res*. 2004;18(3):522-528. doi:10.1519/R-12972.1
- 7- Tse MA, McManus AM, Masters RSW. Development and validation of a core endurance test for athletes: the plank test. *Br J Sports Med*. 2005;39(9):665-668. doi:10.1136/bjsm.2004.013104
- 8- Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(2):242-249. doi:10.1016/j.apmr.2004.05.004
- 9- Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Med*. 2008;38(12):995-1008. doi:10.2165/00007256-200838120-00004

- 10- Granacher U, Gollhofer A, Hortobágyi T, Kressig RW, Muehlbauer T. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Med.* 2013;43(7):627-641. doi:10.1007/s40279-013-0041-1
- 11- Vera-Garcia FJ, Barbado D, López-Valenciano A, Juan-Recio C, Elvira JL. Core stability: Training programs and methodological considerations. *J Hum Kinet.* 2015;46:27-40. doi:10.1515/hukin-2015-0022
- 12- Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, Fredericson M. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep.* 2008;7(1):39-44. doi:10.1097/01.CSMR.0000308663.13278.69