Journal of Arak University of Medical Sciences
Volume 29, Issue 3
August & September 2026

Research Article

The Effect of Proprioceptive Skill Training on Sand on the Balance and Postural Control of Skilled Karatekas

Abolfazl Shahrjerdi [1], **Mehdi Shahbazi** [2*], **Elham Shirzad Eraghi** [3], **Dariush Khajavi** [4], **Amir Abbasgholipour** [5]

[1] PhD in Motor Learning, Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran
[2] Professor, Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran
[3] Associate Professor, Department of Sport Biomechanics and Pathology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
[4] Associate Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Arak, Arak, Iran
[5] Assistant Professor, Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran

*** Corresponding author**: Mehdi Shahbazi, Professor, Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: shahbazimehdi@ut.ac.ir

DOI: 10.61882/jams.29.3.208

How to Cite this Article:
Shahrjerdi A, Shahbazi M, Shirzad Eraghi E, Khajavi D, Abbasgholipour A. The Effect of Proprioceptive Skill Training on Sand on the Balance and Postural Control of Skilled Karatekas. *J Arak Uni Med Sci*. 2026;**29**(3): 208-16. DOI: 10.61882/jams.29.3.208

Received: 18.12.2025
Published: 01.08.2026
Keywords:
Proprioception;
Balance;
Postural Control;
Karate

© 2024 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Proprioception plays an important role in maintaining stability and performing movements. This study aimed to investigate the effect of proprioception skill training on sand compared to the hall surface on the balance and postural control of skilled Karatekas.

Methods: In this quasi-experimental study, 30 male Karatekas (13-18 years old) were selected conveniently and divided into three groups of 10: sand training, hall training, and control group. The variables of static balance (stork test), dynamic balance (Y test), and postural control (speed and center of pressure displacement) were measured before and after the intervention. The experimental groups performed proprioception training 3 sessions per week for 8 weeks, each session lasting 40 minutes. The data were analyzed using analysis of covariance.

Results: Both experimental groups showed significant improvement in dynamic balance compared to the control group (P=0.001). In postural control, the performance of the sand training group in slowing down (P<0.05) and shifting (P<0.05) the center of pressure was better than the other two groups. No significant difference was observed between the indoor training group and the control group in postural control.

Conclusions: Proprioceptive skill training, especially training on an unstable sand surface, leads to improved dynamic balance and postural control in skilled Karatekas due to the creation of a greater sensory-motor challenge.

Copyright *© 2024 The Author(s); Published by Journal of Arak University of Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http"//creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) witch permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.*

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرین مهارتی حس عمقی روی شن بر تعادل و کنترل قامت کاراته‌کاران کاتارو ماهر

ابوالفضل شهرجردی[۱]، مهدی شهبازی[۲*]، الهام شیرزاد عراقی[۳]، داریوش خواجوی[۴]، امیر عباسقلی‌پور[۵]

[۱] دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۲] استاد، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۳] دانشیار، گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۴] دانشیار، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

[۵] استادیار، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: مهدی شهبازی، استاد، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

ایمیل: shahbazimehdi@ut.ac.ir

DOI: 10.61882/jams.29.3.208

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۷

تاریخ چاپ: ۱۴۰۵/۰۵/۱۰

واژگان کلیدی:
حس عمقی؛
تعادل؛
کنترل قامت؛
کاراته

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.

چکیده

مقدمه: حس عمقی، نقش مهمی در حفظ پایداری و اجرای حرکات دارد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تمرین مهارتی حس عمقی روی شن در مقایسه با سطح سالن بر تعادل و کنترل قامت کاراته‌کاران کاتاروی ماهر انجام شد.

روش کار: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۰ نوجوان پسر کاراته کا کاتارو ماهر (۱۳-۱۸ سال) به‌صورت در دسترس انتخاب و به سه گروه ۱۰ نفری تمرین روی شن، تمرین در سالن و گروه کنترل تقسیم شدند. متغیرهای تعادل ایستا (آزمون لک‌لک)، تعادل پویا (آزمون Y) و کنترل قامت (سرعت و جابجایی مرکز فشار) قبل و پس از مداخله اندازه‌گیری شد. گروه‌های تجربی به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه ۴۰ دقیقه تمرینات حس عمقی را انجام دادند. داده‌ها با آزمون تحلیل کوواریانس تحلیل شدند.

یافته‌ها: هر دوگروه تجربی بهبود معنی داری در تعادل پویا نسبت به گروه کنترل نشان دادند ($P = ۰/۰۰۱$). در کنترل قامت، عملکرد گروه تمرین روی شن در کاهش سرعت ($P < ۰/۰۵$) و جابجایی ($P < ۰/۰۵$) مرکز فشار بهتر از دو گروه دیگر بود. تفاوت معناداری بین گروه تمرین در سالن و کنترل در کنترل قامت مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: تمرینات مهارتی حس عمقی بویژه تمرین روی سطح ناپایدار شن به‌دلیل ایجاد چالش حسی- حرکتی بیشتر منجر به بهبود تعادل پویا و کنترل قامت در کاراته کاران کاتارو ماهر می‌شود.

ارجاع: شهرجردی ابوالفضل، شهبازی مهدی، شیرزاد عراقی الهام، خواجوی داریوش، عباسقلی‌پور امیر. تأثیر تمرین مهارتی حس عمقی روی شن بر تعادل و کنترل قامت کاراته‌کاران کاتارو ماهر. *مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک* ۱۴۰۵؛ ۲۹ (۳): ۲۰۸- ۲۱۶.

مقدمه

کاراته، یکی از هنرهای رزمی است که به‌تدریج در زمره ورزش‌ها به‌عنوان ورزش رزمی قرارگرفته است و هرساله مسابقات رسمی مختلفی در دنیا در این رشته ورزشی برگزار می‌شود (۱). این ورزش همانند سایر کشورها، در ایران نیز طرفداران بسیاری دارد و ایران در این زمینه یکی از کشورهای صاحب‌نام در جهان محسوب می‌شود. تعادل از اجزای کلیدی مهارت‌های حرکتی برای حفظ قامت و اجرای مهارت‌های ورزشی پیچیده است (۲). بهبود کنترل قامت نیاز به یکپارچگی بین سیستم‌های حسی، یعنی سیستم‌های دهلیزی، بینایی و حسی بدنی دارد (۳). هر موقعیت و گامی در کاراته به کنترل قامت نیاز دارد و محققین برای عملکرد حرکتی در کاراته، تعادل ایستا و پویا و جابه‌جایی وزن را بسیار با اهمیت در نظر می‌گیرند. به علاوه، ضعف تعادل، یکی از مهم‌ترین عوامل خطر افتادن است که در پی آن، آسیب‌ها به وقوع می‌پیوندد (۲). کاراته‌کاران کاتارو باید در بعضی از حرکات روی سطح اتکای بسیار کمی اجرای تکنیک کنند (۳) و به نظر می‌رسد ضرورت حفظ تعادل و بکارگیری برنامه‌های تمرینی جهت بهبود آن، یک راهکار مناسبی است که به کاهش میزان افتادن‌ها طی اجرای تمرینات یا مسابقات کمک خواهد کرد. کنترل قامت عملکرد پیچیده‌ای از سیستم عصبی مرکزی برای تشخیص محرک‌های حسی، تفسیر اطلاعات و پاسخ مناسب به‌منظور حفظ وضعیت عمودی است (۴). دو هدف عملکردی اصلی کنترل قامت عبارتند از جهت‌گیری وضعیتی و تعادل وضعیتی (۵). کنترل قامت نه‌تنها به وضعیت سلامتی بلکه به ظرفیت تمرین از طریق تغییرات در تون عضلات وضعیتی بستگی دارد (۶)؛ بنابراین، تمرین بدنی امکان کسب مهارت‌ها و استراتژی‌های جدید برای بهبود قامت را فراهم می‌کند (۷). تمرینات تعادلی مبتنی بر حس عمقی به‌طور گسترده در برنامه‌های

توان‌بخشی، ورزش و پیشگیری از آسیب استفاده می‌شود (۸). به همین ترتیب، نشان داده‌شده است که تمرینات تعادلی برای بهبود کنترل قامت در جمعیت‌های مختلف جوانان فعال و غیرفعال (۹)، ورزشکاران (۱۰) و سالمندان (۱۱) مؤثر است. در زمینه ورزش، بهبود کنترل قامت با عملکرد بهتر همراه است که عمدتاً به دلیل افزایش کارایی اقدامات خاص ورزشی، تولید نیروی بهت و کاهش خطر آسیب است (۱۲). اگرچه به نظر می‌رسد تمرین در بهبود عملکرد مؤثر است (۱۳)، اما بسیاری از مکانیسم‌های مربوط به انعطاف‌پذیری کنترل قامتی و تجربه ورزشی هنوز درک نشده‌اند و اطلاعات محدودی در مورد مزایای تمرینات مرتبط با تعادل در ورزشکاران نخبه (۱۲) وجود دارد، به‌ویژه زمانی که ورزشکاران در سطوح ناپایدار مانند زمین‌های شنی تمرین می‌کنند، جائیکه ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیومکانیکی با زمین سفت متفاوت است (۱۴).

علیرغم مطالعاتی که به تمرینات تعادلی در ورزشکاران نخبه پرداخته است (۱۵)، مطالعه‌ای در ارتباط با نقش تمرین در شن به عنوان تمرین مهارتی حس عمقی در ورزشکاران رشته کاراته یافت نشد. از آنجایی که در سطوح ناپایدار نیازهای کنترل حرکتی بیشتر از سطوح پایدار است (۱۶)، دانستن اینکه آیا تمرین روی شن می‌تواند به‌عنوان یک تمرین مهارتی حس عمقی جایگزینی برای تمرینات تعادلی کلاسیک در ورزشکاران نخبه باشد، مفید خواهد بود. در همین راستا آمات و همکاران، در پژوهش اثربخشی تمرینی تعادلی ۱۲ هفته‌ای و تمرین در زمین شنی بر کنترل وضعیتی بازیکنان نخبه والیبال ساحلی مثبت گزارش کردند (۱۷).

Binnie و همکاران، در پژوهشی گزارش کردند که تمرین در شن ممکن است دستیابی به سازگاری‌های تمرینی بیشتری را فراهم کند، در حالی که کاهش عملکرد و آسیب‌های ناشی از تمرینات سنگین را کاهش می‌دهد. با وجود این، تحقیقات بیشتر باید تأثیر سطوح شن را بر طیف وسیع‌تری از انواع تمرین و نتایج عملکرد بررسی کند تا کاربرد تمرین شنی برای ورزش را افزایش دهد (۱۸).

در پژوهش سولی و همکاران، تأثیر تمرین روی شن بر توانایی تعادل، فعالیت عضلات اندام و نشانگرهای التهابی مثبت گزارش شد. علاوه بر این، نتایج نشان‌دهنده اثربخشی این تمرینات بر کیفیت زندگی و حس عمقی شرکت‌کنندگان بود (۱۹). حس عمقی به توانایی یکپارچه‌سازی اطلاعات حسی دریافت شده از گیرنده‌های مکانیکی اشاره دارد و بنابراین موقعیت و حرکات بدن در فضا را تعیین می‌کند (۲۰). گیرنده‌های مکانیکی حس عمقی در عضلات پایین‌تنه، کف پا و اطراف مفصل مچ پا، اطلاعات مهمی را درباره جابه‌جایی و حرکت مرکز جرم بدن و همچنین خصوصیات سطح برخورد برای سیستم عصبی مرکزی فراهم می‌کنند. افزایش بازخورد حس عمقی ممکن است به طولانی کردن استقامت عضلانی، بهبود روانی حرکت، هماهنگی بهتر و دقت حرکت کمک کند (۲۱) و به‌طور عکس، ناتوانی عملکرد به دلیل اختلال حس عمقی و هر نوع کاهش در اطلاعات کف‌پایی، می‌تواند به‌قرار دادن غلط پا و مچ پا و افزایش خطر حرکات زائد و آسیب منجر شود (۲۲). تمرینات حس عمقی شامل فعالیت‌های ورزشی است که تولیدی مفصل هدف را در پیدا کردن و پاسخ دادن به اطلاعات ورودی درباره موقعیت مفصل به چالش می‌کشاند (۲۱). مطالعات نشان داده‌اند که حس عمقی ورزشکاران نوجوان و بزرگسال می‌تواند با تمریناتی که شامل تعادل، چابکی و قدرت باشد بهبود یابد (۲۳). همچنین شواهد پیشنهاد می‌کنند که بهبود حس عمقی در کاراته منجر به بهبود اجرا می‌شود. افزایش بازخورد حس عمقی گروه‌های عضلانی موافق را تقویت می‌کند و هماهنگی عضو را تثبیت می‌کند و بنابراین منجر به کارآیی حرکت هنگام اجرای ورزشی می‌شود (۲۴). برخی تحقیقات نشان می‌دهند که ورزشکاران برای حفظ تعادل، وابستگی بیشتری بر اطلاعات بینایی دارند (۲۵).

در یک مرور سیستماتیک که توسط Schiftan و همکاران انجام شد نتایج نشان دهنده اثر تمرین حس عمقی در پیشگیری از پیچ خوردگی مچ پا در جمعیت‌های ورزشی بود (۲۲). بر این اساس، این سؤال مطرح است آیا می‌توان با تقویت حس عمقی موجب بهبود تعادل، کنترل قامت و همچنین ارتقا اجرا شد، مورد مطالعه قرار نگرفته است و نیاز به بررسی دارد. علاوه بر این، مطالعات انجام شده در ارتباط با بهبود تعادل و کنترل قامتی در ورزشکاران نخبه از تمرینات سنتیِ حس عمقی استفاده کرده‌اند. به نظر می‌رسد با تغییر محیط تمرین و استفاده از سطوح ناهموار مثل زمین‌های شنی نتایج بهتری حاصل شود زیرا تغییرپذیری در عملکرد انسان و تغییرات غیرخطی ویژگی‌های حرکت در طول زمان، انعکاسی از پیچیدگی در سیستم حرکت می‌باشد (۱). همانطور که برنشتاین توصیف کرد درجات آزادی چندگانه در بدن شامل مفاصل، عضلات و سیستم عصبی با نیروهای خارجی در طول حرکت برای تولید الگوهای بیشمار، فرم‌ها و استراتژی‌ها ترکیب می‌شوند که در نتیجه آن الگوی حرکتی پایدار شکل می‌گیرد (۲۶). با توجه به آنچه گفته شد هدف از پژوهش حاضر تعیین تأثیر تمرین مهارتی حس عمقی بر روی سطح شنی بر تعادل و کنترل قامت کاراته کاران کاتارو ماهر بود.

روش کار

تحقیق مداخله‌ای حاضر از نوع نیمه تجربی و به لحاظ هدف کاربردی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل بود که در آن دو گروه آزمایشی (تمرین مهارتی حس عمقی روی شن و زمین سفت سالن) و یک گروه کنترل مورد بررسی قرار گرفت. جامعه آماری این تحقیق شامل کاراته‌کاهای کاتارو پسر استان مرکزی در دامنه سنی ۱۳ تا ۱۸ سال بود که دارای مقام کشوری بودند. جهت انتخاب نمونه آماری از طریق نرم‌افزار حجم نمونه G-Power با درنظر گرفتن توان آزمون ۸۰ درصد و سطح اطمینان ۹۵ درصد و اندازه اثر متوسط تعداد ۳۰ کاراته کای کاتاروی ماهر به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شد و بعد از انجام پیش‌آزمون به‌صورت تصادفی در ۳ گروه (۲گروه تجربی و کنترل) طبقه‌بندی شدند. با توجه به مقالات پیشین از معیارهای ورود به تحقیق می‌توان به سلامت جسمانی و شناختی، نبود ناهنجاری‌های اسکلتی- عضلانی، همکاری با محقق و انجام تمرینات مورد نظر اشاره کرد. همچنین شرکت‌کنندگانی که در دو ماه گذشته دچار آسیب شده، یا مصرف دارو و یا هر ماده تأثیرگذار بر عملکرد را داشته باشند از پژوهش کنار گذاشته شدند.

در ابتدا طی جلسه‌ای توجیهی داوطلبان شرکت‌کننده در این پژوهش با اهداف پژوهش و روش اجرای آن به‌طور شفاهی و کتبی آشنا شدند و پژوهشگر اطلاعات کاملی از خطرها و فواید شرکت در تحقیق را در اختیار آزمودنی‌ها قرار داد و پس از موافقت شفاهی حضور در پژوهش از آن‌ها رضایت‌نامه کتبی دریافت شد. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی ساده به سه گروه ۱۰ نفری تمرین مهارتی حس عمقی در شن، تمرین حس عمقی در سالن و کنترل تقسیم شدند. آزمودنی‌های هر سه گروه پیش از شروع برنامه تمرینی در آزمون تعادل ایستا (آزمون لکلک) و تعادل پویا (آزمون Y)، سنجش

کنترل قامت (فورس پلیت) و عملکرد حرکتی (اجرای کاتا) شرکت کردند و امتیازهای آنان ثبت شد (پیش‌آزمون). از شرکت‌کنندگان خواسته شد برای اجرای آزمون لباس‌های راحت ورزشی بپوشند همچنین در طول دوره جمع‌آوری اطلاعات بر روی دستگاه صفحه نیرو پابرهنه باشد. مقیاس‌های پیکرسنجی شامل قد و وزن از طریق ابزار قدسنج و وزن سنج سکا قبل از اجرای آزمون تعادلی از آنها گرفته شد. به‌طورکلی همه ارزیابی‌ها قبل از مداخله، بلافاصله بعد از مداخله گرفته شد. روش اجرایی پژوهش بدین‌صورت بود که گروه‌های تجربی به مدت هشت هفته تمرینات حس عمقی را به‌صورت سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۴۰ دقیقه اجرا کردند (۱۷). گروه کنترل در این مدت فعالیت‌های روزمره خود را انجام دادند. نحوه اجرایی برنامه گروه‌های تجربی بدین‌صورت بود که گروه تمرین در شن بعد از انجام تمرینات کارلته خود در برنامه تمرینی حس عمقی که در زمین شنی انجام شد شرکت کردند. همچنین گروه تمرین در سالن بعد از انجام تمرینات کاراته خود در برنامه تمرینی حس عمقی که در سالن (زمین سفت) انجام شد شرکت کردند. پس از هشت هفته آزمودنی‌های سه گروه مجدد از طریق آزمون‌های قبلی ارزیابی شدند. پروتکل تمرینات مهارتی حس عمقی با استفاده از تجهیزات ورزشی ازجمله تخته تعادل، کش پیلاتس و سوئیس بال به صورت تمریناتی با شدت سختی کم تا متوسط و زیاد برای تحت تأثیر قرار دادن حس عمقی لندام تحتانی و قسمت مرکزی تنه انجام گرفت. برنامه تمرینی شامل ۵ دقیقه گرم کردن عمومی (راه رفتن آرام، حرکات کششی و نرمشی)، ۳۰ دقیقه اجرای تمرینات اصلی و ۵ دقیقه آخر به انجام حرکات سرد کردن اختصاص داشت (جدول ۱).

در این پژوهش برای اندازه‌گیری تعادل ایستا از آزمون تعادلی لک‌لک استفاده شد. به‌منظور انجام این آزمون، آزمودنی دست‌های خود را بر روی کمر قرار داده و درحالی‌که کف پای غیر اتکا (پای غیر برتر) روی ناحیه داخلی ران پای اتکا (پای برتر) کنار زانو قرار داشت، با حفظ این وضعیت تا حد ممکن بر روی سینه پای اتکا می‌ایستاد و به علامتی که در مقابل صورت او و در فاصله ۴ متری واقع‌شده بود نگاه می‌کرد. زمان حفظ این موقعیت به‌عنوان امتیاز وی ثبت گشت. هر آزمودنی سه کوشش را انجام داده و بهترین زمان به‌عنوان امتیاز آزمودنی ثبت شد. لازم به ذکر است این آزمون با استفاده از دستگاه فورس پلیت انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری تعادل پویا از آزمون تعادل Y استفاده شد. در این آزمون سه جهت (قدامی، خلفی- داخلی و خلفی- خارجی) به‌صورت Y و با زوایای ۱۳۵، ۱۳۵ و ۹۰ درجه نسبت به هم قرار می‌گیرند. برای اجرای آزمون، آزمودنی با یک‌پا می‌ایستاد و با پای دیگر تا آنجا که خطا نکند (پا از مرکز دستگاه حرکت نکند، روی پایی که عمل دستیابی را انجام می‌دهد تکیه نکند یا آزمودنی نیفتد) در راستای خط موجود به جلو می‌راند و سپس به حالت طبیعی روی دو پا برمی‌گشت. آزمودنی در هر جهت سه بار پای خود را حرکت داد و در هر بار منحرف شدن پا با هر حرکت، برای ثبت اندازه ۱ ثانیه پای خود را نگه داشت. آزمودنی بعد از هر حرکت به وضعیت ایستادن روی دو پا بازگشته و پیش از حرکت بعدی، ۳ ثانیه در آن حالت باقی می‌ماند. تمام حرکات در یک‌جهت قبل از رفتن به جهت دیگر تکمیل گردیدند و بین حرکت در هر دو جهت ۵ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد (۲۷). علاوه بر این در این مطالعه نوسانات قامتی با استفاده از دستگاه فورس پلیت ساخت کشور بلژیک ارزیابی شد. دامنه نوسانات شامل جابجایی و سرعت تغییر مرکز فشار برای هر فرد محاسبه شد. داده‌های پژوهش با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ (version 24, IBM Corporation, Armonk, NY) در دو بخش توصیفی و استنباطی تحلیل شدند؛ در آمار توصیفی میانگین و انحراف معیار متغیرها بررسی شد و در بخش استنباطی برای آزمون فرضیه‌ها از تحلیل کوواریانس چندمتغیره و آزمون تعقیبی Bonferoni با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. این مقاله برگرفته از رساله دکتری رشته یادگیری حرکتی دانشگاه تهران است و از کمیته اخلاق زیست پزشکی دانشگاه تهران با کد اخلاقی (IR.UT.SPORT.REC.1403.055) مورد تأیید قرار گرفته است.

یافته‌ها

در جدول ۲، میانگین و انحراف معیار تعادل ایستا و پویا شرکت‌کنندگان برحسب گروه و مراحل آزمون ارائه شده است، با توجه به نتایج مشخص می‌شود که شرکت‌کنندگان در گروه‌های تجربی (تمرین مهارتی حس عمقی در شن و سالن) عملکرد بهتری در مرحله پس‌آزمون داشته‌اند.

در جدول ۳ میانگین و انحراف معیار کنترل قامت شرکت‌کنندگان برحسب گروه و مراحل آزمون ارائه شده است، با توجه به نتایج مشخص می‌شود که شرکت‌کنندگان در گروه‌های تجربی (تمرین مهارتی حس عمقی در شن و سالن) عملکرد بهتری در مرحله پس‌آزمون داشته‌اند.

جهت بررسی فرض طبیعی بودن داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون مشخص شد فرض طبیعی بودن داده‌ها در متغیرهای پژوهش رعایت شده است.

جدول ۴ نشان می‌دهد، بین میانگین باقیماندهٔ نمرات تعادل ایستا آزمودنی‌ها بر حسب عضویت گروهی (دو گروه تجربی و گروه کنترل) تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). میزان این تاثیر ۶۲ درصد بوده است، توان آماری برابر با ۱ حاکی از دقت آماری بسیار بالای این آزمون و کفایت حجم نمونه است. با توجه به اینکه اثر گروه (F = ۸/۰۴ ،P = ۰/۰۰۲ ،η2 = ۰/۳۸۲)، معنادار می‌باشد مشخص می شود با فرض تعدیل پیش‌آزمون به عنوان کوریت بین گروه‌ها از لحاظ آماری در تعادل ایستا تفاوت معنی‌داری وجود دارد. علاوه بر این در مولفه‌های تعادل پویا اثر گروه در جهت قدامی (F = ۱۶/۶۲ ،P = ۰/۰۰۱ ،η2= ۰/۵۶۱)، خلفی- داخلی (F = ۱۸/۹۹ ،P = ۰/۰۰۱ ،η2= ۰/۵۹۴)، خلفی- خارجی (F = ۱۳/۱۶ ،P = ۰/۰۰۱ ،η2 = ۰/۵۰۳)، و تعادل کلی (F = ۱۵/۰۶ ،P = ۰/۰۰۱ ،η2 = ۰/۵۳۷)، معنی‌دار بود. جهت بررسی تفاوت‌ها، از آزمون تعقیبی Bonferoni استفاده شد. نتایج نشان داد در تعادل ایستا، گروه تمرین روی شن به‌طور معناداری بهتر از گروه کنترل عمل کرد؛ همچنین در تعادل پویا (قدامی، خلفی- داخلی، خلفی- خارجی و کلی)، هر دو گروه تمرینی نسبت به کنترل بهبود یافتند، اگرچه تفاوت معناداری بین دو گروه تمرینی مشاهده نشد.

جدول ۵ نشان می‌دهد، بین میانگین باقیمانده نمرات کنترل قامت در آزمودنی‌ها بر حسب عضویت گروهی (دو گروه تجربی و گروه کنترل) تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). با توجه به معنادار بودن اثر گروه در سرعت تغییر مرکز فشار (F = ۹/۹۴ ،P = ۰/۰۰۱ ،η2 = ۰/۴۳۳) و جابجایی مرکز فشار (F = ۲۰/۴۱ ،P = ۰/۰۰۱ ،η2 = ۰/۶۱۱) مشخص می‌شود با فرض تعدیل پیش‌آزمون به عنوان کوریت بین گروه‌ها از لحاظ آماری در کنترل قامت تفاوت معنی‌داری وجود دارد جهت بررسی این تفاوت از آزمون تعقیبی

جدول ۱. برنامه تمرینات مهارتی حس عمقی

	تمرین	ست	تکرار ست	استراحت بین هر ست	استراحت پایان هر ست
هفته اول و دوم	گرم کردن عمومی			۵ دقیقه	
	ایستادن جفت‌پا و انتقال وزن در هر جهت (عقب، جلو، پهلو) و حرکات سر به طرفین	۲	هر جهت ۵ بار	۴۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	ایستادن تک‌پا و تکیه پای دیگر به مچ پای تکیه‌گاه، دست‌ها به کمر	هر پا ۵ بار	۱۵ ثانیه	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	ایستادن جفت‌پا روی تخته تعادل با پشتیبانی	۳	۲۰ ثانیه	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	انجام حرکت اسکات نیمه با سوئیس بال به دیوار	۲	۲*۱۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	پرش جفت‌پا به سمت جلو و عقب	۲	۲*۱۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	اکستنشن زانو در حالت نشسته روی سوئیس بال	هر پا ۲ ست	۲*۱۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	سرد کردن			۵ دقیقه	
هفته سوم و چهارم	گرم کردن عمومی			۵ دقیقه	
	ایستادن تک‌پا و انتقال وزن در هر جهت (عقب، جلو، پهلو) و تکیه پای دیگر به‌زانوی پای تکیه‌گاه دست‌ها به کمر	۲	۲*۳۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	ایستادن جفت‌پا روی تخته تعادل بدون پشتیبانی	۲	۲*۳۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	انجام حرکت اسکات با سوئیس بال به دیوار	۳	۳*۸	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	انجام حرکت لانج به‌طرف جلو و عقب	هر پا ۲ ست	۲*۱۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	پرش تک‌پا به سمت جلو و عقب	هر پا ۲ ست	۲*۱۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	اکستنشن و فلکشن مچ پا باکش پیلاتس	هر پا ۲ ست	۲*۱۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	سرد کردن			۵ دقیقه	
هفته پنجم و ششم	گرم کردن عمومی			۵ دقیقه	
	ایستادن تک‌پا روی تخته تعادل و انتقال وزن در هر جهت (عقب، جلو، پهلو) و دست‌ها به کمر با پشتیبان	۲	۳*۳۰ ثانیه	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	انجام حرکت اسکات با سوئیس بال به دیوار تک‌پا	۲	۲*۱۲	۲۰ ثانیه	۶۰ ثانیه
	انجام حرکت لانج به طرفین	۳	۳*۱۰	۲۰ ثانیه	۶۰ ثانیه
	اکستنشن و فلکشن زانو باکش پیلاتس	هر پا ۲ ست	۲*۱۰	۲۰ ثانیه	۶۰ ثانیه
	در حالت ایستاده بالا و پایین کردن هر دو پاشنه پا	۲	۲*۱۰	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	ایستادن تک‌پا و تکیه پای دیگر به قسمت خارجی زانو تکیه‌گاه دست‌ها به حالت صلیبی	هر پا ۲ ست	۲*۲۰ ثانیه	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	سرد کردن			۵ دقیقه	
هفته هفتم و هشتم	گرم گردن عمومی			۵ دقیقه	
	ایستادن تک‌پا روی تخته تعادل و انتقال وزن در هر جهت (عقب، جلو، پهلو) و دست‌ها به کمر بدون پشتیبان	۳	۳*۱۵	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	ضربه زدن با توپ به دیوار در حالت ایستاده جفت‌پا بر روی تخته تعادل	۲	۲*۱۲	۲۰ ثانیه	۶۰ ثانیه
	انجام حرکت اسکات با سوئیس بال به دیوار تک‌پا	۳	۳*۱۲	۲۰ ثانیه	۶۰ ثانیه
	اکستنشن و فلکشن مفصل هیپ باکش پیلاتس	هر پا ۲ ست	۲*۱۲	۲۰ ثانیه	۶۰ ثانیه
	اکستنشن و فلکشن مچ پا باکش پیلاتس	۳	۳*۱۲	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	ایستادن تک‌پا و تکیه پای دیگر به قسمت خارجی زانو تکیه‌گاه دست‌ها به حالت صلیبی با چشم‌بسته	هر پا ۳ ست	۳*۳۰ ثانیه	۱۵ ثانیه	۶۰ ثانیه
	سرد کردن			۵ دقیقه	

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار آزمون تعادل ایستا و پویا شرکت‌کنندگان برحسب گروه و مراحل آزمون

متغیر	گروه	پیش‌آزمون میانگین ± انحراف معیار	پس‌آزمون میانگین ± انحراف معیار
تعادل ایستا	تمرین مهارتی حس عمقی در سالن	۸۵/۹۵± ۴/۱۷	۸۹/۰۵± ۱/۵۵
	تمرین مهارتی حس عمقی در شن	۸۶/۲۲± ۲/۷۴	۹۱/۲۷± ۳/۱۹
	کنترل	۸۸/۰۸± ۳/۱۱	۸۸/۴۰± ۲/۳۶
قدامی (سانتی‌متر)	تمرین مهارتی حس عمقی در سالن	۸۵/۹۵± ۴/۱۷	۸۹/۰۵± ۱/۵۵
	تمرین مهارتی حس عمقی در شن	۸۶/۲۲± ۲/۷۴	۹۱/۲۷± ۳/۱۹
	کنترل	۸۸/۰۸± ۳/۱۱	۸۸/۴۰± ۲/۳۶
خلفی- داخلی (سانتی متر)	تمرین مهارتی حس عمقی در سالن	۸۷/۶۰± ۲/۸۹	۹۰/۸۰± ۳/۳۶
	تمرین مهارتی حس عمقی در شن	۸۸/۲۶± ۱/۵۳	۹۲/۹۵± ۲/۷۸
	کنترل	۷۸/۹۳± ۳/۴۷	۸۹/۶۵± ۳/۹۱
خلفی- خارجی (سانتی‌متر)	تمرین مهارتی حس عمقی در سالن	۸۷/۱۳± ۳/۳۷	۹۰/۵۳± ۲/۷۱
	تمرین مهارتی حس عمقی در شن	۸۸/۹۰± ۲/۳۶	۹۲/۱۸± ۲/۴۷
	کنترل	۸۹/۲۰± ۳/۴۷	۸۹/۷۴± ۳/۱۱
تعادل پویا	تمرین مهارتی حس عمقی در سالن	۸۶/۹۵± ۲/۹۱	۹۰/۱۲± ۲/۲۳
	تمرین مهارتی حس عمقی در شن	۸۷/۳۵± ۳/۹۸	۹۱/۸۴± ۳/۳۶
	کنترل	۸۸/۲۰± ۲/۴۷	۸۹/۱۲± ۳/۷۴

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار کنترل قامت شرکت‌کنندگان برحسب گروه و مراحل آزمون

متغیر	گروه	پیش‌آزمون میانگین ± انحراف معیار	پس‌آزمون میانگین ± انحراف معیار
سرعت تغییر مرکز فشار	تمرین مهارتی حس عمقی در سالن	۱۰۱/۳۲± ۶/۵۷	۹۸/۶۳± ۶/۲۱
	تمرین مهارتی حس عمقی در شن	۱۰۹/۱۱± ۸/۲۱	۹۵/۳۷± ۴/۵۱
	کنترل	۱۱۰/۳۴± ۶/۳۷	۱۱۱/۲۰± ۴/۵۷
جابجایی مرکز فشار	تمرین مهارتی حس عمقی در سالن	۲۱۰/۱۶± ۷/۴۶	۱۸۸/۱۲± ۶/۴۱
	تمرین مهارتی حس عمقی در شن	۲۱۹/۳۲± ۹/۸۸	۱۷۷/۲۱± ۸/۳۶
	کنترل	۲۰۸/۱۱± ۸/۱۴	۲۱۲/۴۰± ۷/۵۳

جدول ۴. نتایج حاصل از آزمون تحلیل کواریانس جهت بررسی تأثیر تمرین مهارتی حس عمقی روی شن تعادل ایستا و پویا کاراته‌کاران کاتارو ماهر

متغیر	شاخص	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	P	ضریب ایتا
تعادل ایستا	پیش‌آزمون	۹۲/۳۸۹	۱	۹۲/۳۸۹	۴۲/۳۵	*۰/۰۰۱	۰/۶۲۰
	گروه	۳۵/۱۰۴	۲	۱۷/۵۵۲	۸/۰۴	*۰/۰۰۲	۰/۳۸۲
	خطا	۵۶/۷۱۱	۲۶	۲/۱۸۱			
قدامی	پیش‌آزمون	۴۴۰/۴۸	۱	۴۴۰/۴۸	۱۳۰/۵۰	*۰/۰۰۱	۰/۸۳۴
	گروه	۱۱۲/۲۲	۲	۵۶/۱۱	۱۶/۶۲	*۰/۰۰۱	۰/۵۶۱
	خطا	۸۷/۷۵	۲۶	۳/۳۷			
خلفی- داخلی	پیش‌آزمون	۴۰۱/۴۲	۱	۴۰۱/۴۲	۲۱۹/۱۱	*۰/۰۰۱	۰/۸۹۴
	گروه	۶۹/۵۹	۲	۳۴/۸۰	۱۸/۹۹	*۰/۰۰۱	۰/۵۹۴
	خطا	۴۷/۶۳	۲۶	۱/۸۳			
خلفی- خارجی	پیش‌آزمون	۴۱۴/۰۴	۱	۴۱۴/۰۴	۱۷۷/۰۳	*۰/۰۰۱	۰/۸۷۲
	گروه	۶۱/۵۶	۲	۳۰/۷۸	۱۳/۱۶	*۰/۰۰۱	۰/۵۰۳
	خطا	۶۰/۸۱	۲۶	۲/۳۳			
کل تعادل پویا	پیش‌آزمون	۴۰۵/۷۰	۱	۴۰۵/۷۰	۱۹۱/۹۴	*۰/۰۰۱	۰/۸۸۱

*: در سطح $P \leq ۰/۰۵$ معنادار است.

جدول ۵. نتایج حاصل از آزمون تحلیل کواریانس جهت بررسی تأثیر تمرین مهارتی حس عمقی روی شن بر کنترل قامت کاراته‌کاران کاتارو ماهر

متغیر	شاخص	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	P	ضریب ایتا
سرعت تغییر مرکز فشار	پیش‌آزمون	۶۸۰۳/۲۱	۱	۶۸۰۳/۲۱	۱۱۶/۶۴	*۰/۰۰۱	۰/۸۱۸
	گروه	۱۱۵۹/۹۷	۲	۵۷۹/۹۸	۹/۹۴	*۰/۰۰۱	۰/۴۳۳
	خطا	۱۵۱۶/۴۴	۲۶	۵۸/۳۲			
جابجایی مرکز فشار	پیش‌آزمون	۸۱۴۵/۱۸	۱	۸۱۴۵/۱۸	۲۷۹/۳۷	*۰/۰۰۱	۰/۹۱۵
	گروه	۱۱۹۰۳/۱۷	۲	۵۹۵۱/۵۸	۲۰/۴۱	*۰/۰۰۱	۰/۶۱۱
	خطا	۷۵۸۰/۵۴	۲۶	۲۹۱/۵۵			

*: در سطح $P \leq ۰/۰۵$ معنادار است.

Bonferoni استفاده شد که نتایج نشان داد در سرعت تغییر مرکز فشار نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین شرکت کنندگان در گروه تمرینات در شن با گروه تمرین در سالن و گروه کنترل بود اما تفاوت بین گروه تمرین در سالن و کنترل از لحاظ آماری معنادار نبود. در جابجایی مرکز فشار نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین شرکت کنندگان در گروه تمرینات در شن با گروه تمرینات در سالن و گروه کنترل بود اما تفاوت بین گروه تمرینات در سالن و کنترل از لحاظ آماری معنادار نبود.

بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرین مهارتی حس عمقی روی شن بر تعادل و کنترل قامت کاراته‌کاران کاتارو ماهر بود. یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص تعادل ایستا، تفاوت معنی‌داری را بین گروه‌های آزمایشی و کنترل نشان می‌دهد. این نتایج، مؤید این نکته است که مداخله تمرینی اعمال شده، به‌ویژه در گروه تمرینات در شن، تأثیر قابل توجهی بر بهبود تعادل ایستا داشته است. میزان تأثیر بالا (۶۲ درصد) و توان آماری (۱/۰)، نشان‌دهنده اثربخشی این مداخله و دقت بالای تحلیل‌های آماری و کفایت حجم نمونه است. به‌طور خاص، آماره‌های مربوط به اثر گروه حاکی از آن است که پس از تعدیل نمرات پیش‌آزمون، تفاوت‌های معنی‌داری بین گروه‌ها در تعادل ایستا وجود دارد. ضریب اتا نشان می‌دهد که ۳۸/۲ درصد از واریانس تعادل ایستا توسط عامل گروه‌بندی تبیین می‌شود. علاوه بر این نتایج حاصل از آزمون تعقیبی Bonferoni برای بررسی دقیق‌تر این تفاوت‌ها، آشکار ساخت که تنها بین گروه تمرینات در شن و گروه کنترل، تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود. این یافته به وضوح نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگان در گروه تمرینات در شن، در مقایسه با گروه کنترل، عملکرد بهتری در آزمون تعادل ایستا داشته‌اند. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج مطالعات Harry-Leite و همکاران (۲۸)، Bonavolontà و همکاران که در مطالعات خود سودمندی تمرینات در شن را بر تعادل ایستا گزارش کردند، همخوان بود (۲۹).

در تبین احتمالی برای نتایج این بخش از مطالعه می‌توان گفت محیط شن یک بستر ناپایدار و غیرقابل پیش‌بینی ایجاد می‌کند. این ناپایداری، سیستم‌های حسی- حرکتی بدن، به‌ویژه گیرنده‌های حس عمقی در عضلات، تاندون‌ها، و کپسول‌های مفصلی اندام تحتانی و تنه را به چالش می‌کشد و فعال‌سازی شدیدتری را می‌طلبد. برای حفظ تعادل در چنین سطحی، بدن مجبور است به‌طور مداوم وضعیت مفاصل و کشش عضلات را پایش کرده و بازخوردهای حسی بیشتری را به سیستم عصبی مرکزی ارسال کند. این فرایند منجر به بهبود حساسیت و پاسخ‌دهی گیرنده‌های حس عمقی می‌شود. علاوه بر این تمرین در شن به دلیل نیاز به تلاش بیشتر برای حفظ ثبات، باعث فعال‌سازی و تقویت عضلات عمقی و تثبیت‌کننده (مانند عضلات کوچک پا و مچ، و عضلات عمقی تنه) می‌شود که نقش حیاتی در حفظ تعادل ایستا دارند. این عضلات برای مقابله با نیروهای برهم زننده تعادل در یک سطح ناپایدار، به‌طور مؤثرتری درگیر می‌شوند و با گذشت زمان، قدرت و هماهنگی آن‌ها افزایش می‌یابد. تبیین احتمالی دیگر برای نتایج این بخش از پژوهش بهبود استراتژی‌های کنترلی تعادل است. مواجهه مداوم با ناپایداری سطح شن، منجر به انطباق و بهبود استراتژی‌های کنترلی تعادل در سطح سیستم عصبی مرکزی می‌شود. بدن یاد می‌گیرد که چگونه با پیش‌بینی و پاسخ‌دهی سریع‌تر و کارآمدتر به تغییرات ناگهانی در مرکز ثقل و توزیع فشار، تعادل خود را حفظ کند. این انطباق‌ها شامل بهبود هماهنگی بین سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حس عمقی است (۳۰).

یافته‌های پژوهش حاضر در زمینه تعادل پویا و مولفه‌های آن، تفاوت‌های معنی‌داری را بین گروه‌های آزمایشی و کنترل پس از مداخله تمرینی نشان می‌دهد. این امر به وضوح بیانگر آن است که پروتکل‌های تمرینی اعمال شده، توانسته‌اند به شکل مؤثری بر بهبود جنبه‌های مختلف تعادل پویا اثرگذار باشند. معنی‌دار بودن اثر گروه در تمام جهت‌های مورد بررسی در آزمون تعادل پویا بسیار قابل توجه است. مقادیر بالای ایتا نشان‌دهنده اندازه اثر بسیار بزرگ و تأثیر قوی متغیر مستقل (نوع گروه تمرینی) بر تعادل پویا است. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج مطالعات Harry-Leite و همکاران (۲۸)، عاشوری و همکاران (۳۱)، یاسینی و همکاران (۳۲)، که در مطالعات خود سودمندی تمرینات مبتنی بر حس عمقی و حرکتی را بر تعادل پویا گزارش کردند همخوانی داشت. همانطور که در بخش یافته‌ها اشاره شد نتایج آزمون تعقیبی Bonferoni در جهت قدامی نشان داد که هم گروه تمرینات در شن و هم گروه تمرینات در سالن، عملکرد معنی‌دار بهتری نسبت به گروه کنترل داشتند. این بدان معناست که هر دو نوع مداخله تمرینی (چه در محیط ناپایدار شن و چه در محیط پایدار سالن) قادر به بهبود توانایی حفظ تعادل در حرکت رو به جلو هستند. این امر احتمالاً به دلیل تقویت عمومی عضلات اندام تحتانی و بهبود هماهنگی عصب- عضله است که در هر دو نوع تمرین حس عمقی تحریک می‌شوند. نکته مهم این است که تفاوت معنی‌داری بین گروه تمرین در شن و گروه تمرین در سالن مشاهده نشد. این یافته نشان می‌دهد که برای بهبود تعادل پویا در جهت قدامی، محیط ناپایدار شن مزیت قابل توجهی نسبت به محیط پایدار سالن ندارد، یا حداقل برای این نوع خاص از حرکت، هر دو محیط به یک اندازه مؤثر بوده‌اند. در جهت خلفی- داخلی و خلفی- خارجی گروه تمرینات در شن و سالن عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشتند.

در تبین احتمالی برای نتایج این بخش از مطالعه می‌توان گفت بهبود مشاهده شده در تعادل پویا در هر دو گروه تجربی، نشان‌دهنده تقویت سیستم حسی- حرکتی است. تمرینات حس عمقی، صرف نظر از محیط، با فعال‌سازی گیرنده‌های مکانیکی و پروپریوسپتورها، اطلاعات حسی مربوط به وضعیت بدن و حرکت مفاصل را به سیستم عصبی مرکزی منتقل می‌کنند. این اطلاعات پردازش شده و برای اصلاح حرکات و حفظ تعادل پویا به عضلات بازخوردهای لازم را می‌دهند. علاوه بر این تعادل پویا به شدت به استراتژی‌های کنترلی پیچیده از جمله استراتژی‌های مچ پا، لگن و گام‌برداری وابسته است (۳۳). تمرینات حس عمقی با تکرار الگوهای حرکتی چالش‌برانگیز، به سیستم عصبی مرکزی کمک می‌کنند تا این استراتژی‌ها را بهبود بخشیده و هماهنگی عضلات برای انجام حرکات سریع و دقیق را افزایش دهد. در حالی که در تعادل ایستا، محیط ناپایدار شن برتری معنی‌داری نشان داد، در تعادل پویا، تفاوت بین شن و سالن از نظر آماری معنی‌دار نبود. این ممکن است به دلیل ماهیت پویای حرکت باشد. در تعادل پویا، سیستم عصبی عمدتاً به دنبال بازخورد سریع و اصلاح لحظه‌ای حرکت است (۲۸). هر دو محیط تمرینی، محرک‌های کافی را برای تحریک این سیستم‌ها فراهم کرده‌اند، حتی اگر چالش‌های بیومکانیکی اولیه آن‌ها متفاوت باشد. ممکن است در حرکت پویا، به جای نیاز به تثبیت مداوم (که در تعادل ایستا بیشتر مورد نیاز است)، نیاز به پیش‌بینی و پاسخ سریع به تغییرات در مرکز ثقل بیشتر اهمیت پیدا کند که هر دو محیط می‌توانند این مهارت را بهبود بخشند. به‌طور خلاصه، نتایج این بخش از پژوهش نشان می‌دهد که تمرینات حس عمقی در هر دو محیط شن و سالن، به طور مؤثری منجر به بهبود تعادل پویا و مولفه‌های مختلف آن در کاراته کاران کاتارو ماهر نوجوان می‌شود. این یافته‌ها حاکی از آن است که هر دو نوع محیط تمرینی، محرک‌های لازم برای تقویت سیستم حسی- حرکتی و بهبود استراتژی‌های کنترلی تعادل پویا را فراهم می‌کنند. هرچند در برخی جهات (مانند خلفی-داخلی) گروه شن عملکرد بهتری نسبت به کنترل داشت، اما از لحاظ آماری، برتری قاطعی بین تمرین در شن و سالن در بهبود تعادل پویا مشاهده نشد. این مسأله می‌تواند نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری سیستم عصبی در پاسخ به انواع مختلف چالش‌های حسی- حرکتی برای بهبود تعادل پویا باشد.

نتایج پژوهش حاضر در زمینه کنترل قامت، نشانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین باقی‌مانده نمرات کنترل قامت در آزمودنی‌ها بر حسب عضویت در گروه‌های پژوهش (دو گروه تجربی و گروه کنترل) است. این یافته حاکی از آن است که مداخلات تمرینی اعمال شده، تأثیر به سزایی بر بهبود توانایی افراد در حفظ و ثبات بدنی داشته‌اند. با بررسی جزئی‌تر، اثر گروه در دو شاخص اصلی کنترل قامت، یعنی سرعت تغییر مرکز فشار و جابجایی مرکز فشار به صورت معنی‌داری مشاهده شده است. در سرعت تغییر مرکز فشار، نتایج نشان‌دهنده یک تأثیر متوسط تا قوی است؛ به این معنی که حدود ۴۳/۳ درصد از واریانس سرعت تغییر مرکز فشار را می‌توان به نوع مداخله تمرینی نسبت داد. همچنین ۶۱/۱ درصد از واریانس جابجایی مرکز فشار را می‌توان به گروه‌های تمرینی نسبت داد. این

امر مؤید تأثیر بسیار قوی تمرینات بر این جنبه از کنترل قامت است. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج مطالعه Sebastia-Amat و همکاران همخوان بود (۱۷). Sebastia-Amat و همکاران در پژوهشی به ارزیابی یک برنامه تمرینی تعادلی ۱۲ هفته‌ای (تمرین در زمین شنی و سفت) بر کنترل وضعیتی بازیکنان نخبه والیبال ساحلی پرداختند. نتایج نشان دهنده اثر معنی‌دار برنامه‌های تمرینی بر کنترل وضعیتی شرکت کنندگان بود. علاوه بر این Hammami و همکاران، در پژوهشی به بررسی تأثیر سطح شن و ماسه بر پاسخ‌های عملکرد فیزیکی بازیکنان هندبال به تمرینات پلایومتریک پرداختند. نتایج نشان دهنده بهبود عملکرد در گروه‌های تمرینی بود که با نتایج این بخش از پژوهش همخوان است (۳۴).

همانطور که در بخش یافته‌ها اشاره شد در بررسی جفتی گروه‌ها تفاوت معنی‌دار بین گروه تمرینات در شن با گروه تمرینات در سالن و گروه کنترل مشاهده شد. این نتیجه به وضوح نشان می‌دهد که تمرینات در محیط شن، در مقایسه با هر دو گروه دیگر، بهبودی به مراتب بیشتر و معنی‌دارتر در کاهش سرعت تغییر مرکز فشار و جابجایی مرکز فشار ایجاد کرده است. کاهش سرعت تغییر مرکز فشار، نشانگر افزایش پایداری و کنترل بهتر قامت است. همچنین کاهش جابجایی مرکز فشار نشانه‌ای بارز از بهبود قابلیت حفظ تعادل و کاهش نوسانات بدن است. در تبیین احتمالی برای نتایج این بخش از مطالعه می‌توان گفت محیط ناپایدار شن، با ایجاد چالش‌های حسی- حرکتی بیشتر، سیستم عصبی مرکزی را وادار به فعال‌سازی بیشتر و هماهنگ‌تر عضلات تثبیت‌کننده (به ویژه عضلات عمقی تنه و مفاصل مچ پا و زانو) می‌کند. این امر منجر به بهبود استراتژی‌های کنترلی قامت، افزایش حس عمقی و تقویت مسیرهای عصبی- عضلانی مسئول حفظ تعادل می‌شود. کاهش سرعت و جابجایی مرکز فشار، به معنی افزایش کارایی سیستم کنترل قامت در پاسخ به اختلالات و حفظ وضعیت بدنی است. کنترل قامت به شدت به ورودی‌های حسی از سیستم‌های بینایی، وستیبولار و حس عمقی متکی است. محیط شن به دلیل ماهیت ناپایدار و تغییر شکل‌پذیر خود، به طور مداوم ورودی‌های حس عمقی را تغییر می‌دهد و سیستم وستیبولار را نیز به چالش می‌کشد. این تحریک مداوم و متفاوت، منجر به افزایش حساسیت و کارایی این سیستم‌ها در پردازش اطلاعات و ایجاد پاسخ‌های حرکتی مناسب برای حفظ ثبات قامت می‌شود (۱۷). عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار بین گروه تمرینات در سالن و گروه کنترل در هر دو شاخص کنترل قامت، می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که پروتکل تمرینی اجرا شده در سالن، به اندازه‌ای که برای بهبود این جنبه‌های خاص کنترل قامت نیاز بوده، چالش‌برانگیز نبوده است. در محیط پایدار سالن، ممکن است سیستم عصبی مرکزی به اندازه کافی برای ایجاد سازگاری‌های معنی‌دار در کنترل قامت تحریک نشده باشد، به خصوص اگر تمرینات به صورت اختصاصی برای هدف قرار دادن این مکانیزم‌ها طراحی نشده باشند. این موضوع بر اهمیت طراحی دقیق و پیشرفت‌گرایانه برنامه‌های تمرینی حتی در محیط‌های پایدار نیز تأکید دارد. به طور خلاصه، نتایج این بخش از پژوهش به وضوح نشان می‌دهد که تمرینات حس عمقی در محیط شن، به طور قابل توجهی مؤثرتر از تمرینات مشابه در محیط سالن و گروه کنترل، در بهبود کنترل قامت (کاهش سرعت و جابجایی مرکز فشار) در کاراته کاران کاتارو ماهر نوجوان است. این یافته بر اهمیت استفاده از محیط‌های ناپایدار مانند شن برای به حداکثر رساندن بهبود در قابلیت‌های تعادلی و ثبات بدنی در ورزشکاران تأکید دارد. همچنین، این نتایج نشان می‌دهند که برای بهبود معنی‌دار کنترل قامت در محیط‌های پایدار، نیاز به طراحی پروتکل‌های تمرینی بسیار اختصاصی‌تر و چالش‌برانگیزتر است. با توجه به اثر بخشی تمرینات در شن بر تعادل و کنترل قامت شرکت کنندگان، مربیان باید به طراحی این نوع از تمرینات توجه بیشتری کنند و با افزایش شدت، پیچیدگی حرکات، استفاده از تجهیزات ناپایدار (مانند تخته تعادل، توپ‌های تعادلی) و افزایش حجم تمرینات تعادلی، چالش بیشتری برای سیستم عصبی- عضلانی ورزشکاران ایجاد نمایند.

نتیجه‌گیری

تمرینات مهارتی حس عمقی، صرف‌نظر از سطح تمرین، موجب بهبود تعادل پویای کاراته‌کاران نوجوان می‌شود؛ با این‌حال، تمرین روی شن در بهبود کنترل قامت اثربخشی بیشتری دارد. بنابراین، استفاده از سطوح ناپایدار در طراحی برنامه‌های تمرینی حس عمقی می‌تواند راهبردی مؤثر برای ارتقای کنترل قامت و عملکرد تعادلی کاراته‌کاران باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی آزمودنی‌هایی که در اجرای این پژوهش با ما همکاری داشتند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان در تحلیل داده‌ها و آماده‌سازی مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تضاد منافع

هیچ تضاد منافعی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

References

1. Ziaee V, Lotfian S, Halabchi F, Lashgari A. Injury rates in Shotokan karate in children and adolescent age groups [in Persian]. Iranian Journal of Pediatrics. 2003;13(2):121-
2. Dadgar H, Sahebzamani M. The assessment of arch of foot and the amount of non-contact knee injuries and wrist in Karate-Kai man [in Persian]. Research in Rehabilitation Sciences. 2010;7(1):1-5. **doi:** 10.22122/jrrs.v7i1.149
3. Chiba R, Takakusaki K, Ota J, Yozu A, Haga N. Human upright posture control models based on multisensory inputs; in fast and slow dynamics. Neurosci Res. 2016; 104:96-104. **doi:** 10.1016/j.neures.2015.12.002
4. Ivanenko Y, Gurfinkel V. Human Postural Control. Front Neurosci. 2018; 12: 171. Published online. 2018. **pmid**: 26746115 **doi:** 10.3389/fnins.2018.00171
5. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age Ageing. 2006;35(Suppl 2):ii7-ii11. **pmid**: 16926210 **doi:** 10.1093/ageing/afl077

6. Arkov V, Abramova T, Nikitina T, Ivanov V, Suprun D, Shkurnikov M, Tonevitskii A. Comparative study of stabilometric parameters in sportsmen of various disciplines. Bull Exp Biol Med. 2009;147(2):233-5. **pmid**: 19513429 **doi:** 10.1007/s10517-009-0482-6
7. Russo L, Bartolucci P, Ardigò LP, Padulo J, Pausic J, Iacono AD. An exploratory study on the acute effects of proprioceptive exercise and/or neuromuscular taping on balance performance. Asian Journal of Sports Medicine. 2018;9(2): e63020. **doi:** 10.5812/asjsm.14396
8. Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K. Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. J Sports Med. 2010;45(4):392-403. **doi:** 10.5812/asjsm.63020
9. Fong SS, Fu S-n, Ng GY. Taekwondo training speeds up the development of balance and sensory functions in young adolescents. J Sci Med Sport. 2012;15(1):64-8. **pmid**: 21802359 **doi:** 10.1016/j.jsams.2011.06.001
10. Romero-Franco N, Martínez-Amat A, Martínez-López E. Efecto del entrenamiento propioceptivo en atletas velocistas. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport. 2013;13(51):437-51.
11. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2015; 45:1721-38. **pmid**: 26325622 **doi:** 10.1007/s40279-015-0375-y
12. Brachman A, Kamieniarz A, Michalska J, Pawłowski M, Słomka KJ, Juras G. Balance training programs in athletes–A systematic review. J Hum Kinet. 2017;58(1):45-64. **pmid**: 28828077 **doi:** 10.1515/hukin-2017-0088
13. Paillard T, Noé F. Does monopedal postural balance differ between the dominant leg and the non-dominant leg? A review. Hum Mov Sci. 2020; 74:102686. **doi**: 10.1016/j.humov.2020.102686
14. Giatsis G, Panoutsakopoulos V, Kollias IA. Biomechanical differences of arm swing countermovement jumps on sand and rigid surface performed by elite beach volleyball players. J Sports Sci. 2018;36(9):997-1008. **pmid**: 28673119 **doi:** 10.1080/02640414.2017.1349921
15. Dai B, Sorensen CJ, Gillette JC. The effects of postseason break on stabilometric performance in female volleyball players. Sports Biomech. 2010;9(2):115-22. **pmid**: 20806846 **doi:** 10.1080/14763141.2010.502245
16. Pinnington HC, Dawson B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. J Sci Med Sport. 2001;4(4):416-30. **pmid**: 11905936 **doi:** 10.1016/S1440-2440(01)80051-7
17. Sebastia-Amat S, Ardigò LP, Jimenez-Olmedo JM, Pueo B, Penichet-Tomas A. The effect of balance and sand training on postural control in elite beach volleyball players. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(23):8981. **pmid**: 33276623 **doi:** 10.3390/ijerph17238981
18. Binnie MJ, Dawson B, Pinnington H, Landers G, Peeling P. Sand training: a review of current research and practical applications. J Sports Sci. 2014;32(1):8-15. **pmid**: 23968257 **doi:** 10.1080/02640414.2013.805239
19. Souglis AG, Travlos AK, Andronikos G. The effect of proprioceptive training on technical soccer skills in female soccer. International Journal of Sports Science & Coaching. 2023;18(3):748-60. **doi:**10.1177/17479541221097857
20. Steinberg N, Tirosh O, Adams R, Karin J, Waddington G. Does wearing textured insoles during non-class time improve proprioception in professional dancers? Int J Sports Med. 2015; 36(13):1093-9. **pmid**: 26332901 **doi:** 10.1055/s-0035-1547228
21. Rezaee R, Khayami M, Ghalavand A, Noroozi S, Taleshi M, Nersi S. The effect of fatigue due to exhausting running on static and dynamic balance in women with hyperlordosis [in Persian]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2022; 20:664-79. **doi:** 10.32598/JSMJ.20.2332
22. Schiftan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: a systematic review and meta-analysis. J Sci Med Sport. 2015;18(3):238-44. **pmid**: 24831756 **doi:** 10.1016/j.jsams.2014.04.005
23. Chatzopoulos D. Effects of Ballet Training on Proprioception, Balance, and Rhythmic Synchronization of Young Children. Journal of Exercise Physiology Online. 2019;22(2).
24. Angioi M, Metsios G, Twitchett EA, Koutedakis Y, Wyon M. Effects of Supplemental Training on Fitness and Aesthetic Competence Parameters in Contemporary Dance. Med Probl Perform Art. 2012;27(1):3-8. **pmid:** 22543316
25. Nikolaos K, Evangelos B, Nikolaos A, Emmanouil K, Panagiotis K. The effect of a balance and proprioception training program on amateur basketball players' passing skills. Journal of Physical Education and Sport. 2012;12(3):316-23. **doi:** 10.7752/jpes.2012.03047
26. Latash ML, Lestienne F. Motor control and learning: Springer; 2006.
27. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. N Am J Sports Phys Ther. 2009;4(2):92-9. **pmid**: 21509114
28. Harry-Leite P, Paquete M, Teixeira J, Santos M, Sousa J, Fraiz-Brea JA, Ribeiro F. Acute impact of proprioceptive exercise on proprioception and balance in athletes. Appl. Sci. 2022;12(2):830. **doi**: 10.3390/app12020830
29. Bonavolontà V, Carvutto R, Di Gioia A, De Candia M. Plyometric training on sand versus grass: Effects on sprinting, jumping, agility and balance in soccer players. Br J Sports Med. 2008;42(1):42-6. **pmid**: 17526621 **doi:** 10.1080/02640414.2021.1898119
30. Wieber J, Brandt J, Pieper M, Hirschhäuser E, Catalá-Lehnen P, Rein R, Braunstein B. Effects of body orientation and direction of movement on a knee joint angle reproduction test in healthy subjects: an experimental study. Technol Health Care. 2023;31(5):1567–78. **pmid**: 37125585 **doi:** 10.3233/THC-220747
31. Ashoury H, Raisi Z, Khodabakhshi M. The effect of 6 weeks of training on dynamic balance and proprioceptive function of lower extremity chronic ankle sprain with basketball players [in Persian]. Journal for Research in Sport Rehabilitation. 2016;4(7):55-63
32. Yasini Z, Mirpour Shirkhoda S, Sarhadi M, Nasirizadehfarsani M. The effect of eight weeks of proprioceptive exercise with closed eyes on static and dynamic balance in ballerina teenage girls in tehran province [in Persian]. Razi J Med Sci. 2023;29(12):251-61.
33. . Prókai J, Murlasits Z, Bánhidi M, Csóka L, Gréci V, Atlasz T, Váczi M. The effects of a 12-week-long sand exercise training program on neuromechanical and functional parameters in type II diabetic patients with neuropathy. Int J Environ Res Public Health. 2023; 20(7):5413. **pmid**: 37048025. **doi**: 10.3390/ijerph20075413
34. Hammami M, Bragazzi NL, Hermassi S, Gaamouri N, Aouadi R, Shephard RJ, Chelly MS. The effect of a sand surface on physical performance responses of junior male handball players to plyometric training. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2020; 12:1-8. **pmid**: 32351699 **doi**: 10.1186/s13102-020-00161-4