



فصلنامه علم

تربیت بدنه

وعلوم ورزشی



شاپا: ۲۸۲۱-۰۲۹۸
شماره ثبت: ۹۱۶۰۹

سال پنجم - شماره اول (پیاپی ۱۷) - بهار ۱۴۰۵

sportssciencejournal.ir



۱. بررسی رابطه بین مشارکت در فعالیت-های ورزشی و وابستگی به شبکه-های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه
لیلا حیدریانی*، حمید ناصری - صفحات ۹-۱

۲. اثر هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل یاری سنجید دریایی بر پروتئین جاذب شیمیایی
مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در مردان چاق
دانیال اسداللهی سهی*، محمد کریمی زند - صفحات ۳۷-۱۰

۳. سناریونگاری آینده هوش مصنوعی در ارتقای توانمندی‌های ورزشی
فرشاد یآوری فرد، علی مجدآرا. حسین امیدی، حمید امیدی - صفحات ۶۱-۳۸

۴. بررسی اثر هم‌افزای تمرین مقاومتی و آلایسین بر مهار گلوکونئوژنز کبدی از طریق تعدیل فسفوریلاسیون AKT
و مهار فاکتور رونویسی FOXO1
دانیال اسداللهی سهی*، بهاره یزدان پرست چهارمحالی - صفحات ۷۴-۶۲

۵. مقایسه اثربخشی آموزش خطی و غیرخطی بر لذت از فعالیت و یادگیری مهارت‌های پایه فوتبال در نوجوانان
بهشاد پنجه زاده - صفحات ۹۱-۷۵

۶. تاثیر شش هفته تمرین در آب بر درد و ناتوانی افراد با کمر درد مزمن غیر اختصاصی
فریبا بهرامی ایوانکی - صفحات ۱۰۴-۹۲

ارتباط با فصلنامه تربیت بدنی و علوم ورزشی:

ایمیل کارشناس نشریه: mohsenkeramatimoghadam@gmail.com	ایمیل سردبیر: majid.keramatimoghadam@gmail.com	ایمیل نشریه: info@sportssciencejournal.ir
--	---	--

صفحات ۹-۱

بررسی رابطه بین مشارکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه

لیلا حیدریانی^{۱*}، حمید ناصری^۲

۱. استادیار، گروه روانشناسی و مشاوره خانواده، دانشگاه جامع انقلاب اسلامی، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری مدیریت رسانه، گروه هنر انقلاب، دانشگاه جامع انقلاب اسلامی، تهران، ایران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطه بین مشارکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه انجام گرفت. روش پژوهش توصیفی از نوع همبستگی بود. جامعه آماری شامل کلیه دانش‌آموزان ابتدایی پایه ششم دخترانه شهرستان اسلامشهر در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ بود که با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس تعداد ۲۲۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب شد. ابزار مورد استفاده شامل پرسشنامه‌های وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه خواجه‌احمدی و همکاران (۱۳۹۵) و پرسشنامه محقق ساخته مشارکت در فعالیت‌های ورزشی بود. داده‌ها به کمک آزمون همبستگی پیرسون تحلیل شد. نتایج نشان داد که بین مشارکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه رابطه منفی معناداری وجود داشت ($p=0/001$, $R= 0/432$). بر اساس نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود هم مدارس و هم خانواده‌ها زمینه مشارکت در فعالیت‌های ورزشی را بیش از پیش برای دانش‌آموزان فراهم کنند.

کلیدواژه‌ها: مشارکت در فعالیت‌های ورزشی، وابستگی به شبکه‌های اجتماعی، تلفن همراه، دانش‌آموزان

* ایمیل نویسنده مسئول: heidaryani@cuir.ac.ir

مقدمه

رشد فزاینده کاربران شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه، نگرانی‌های فراوانی را نسبت به تأثیرات آن بر زندگی اجتماعی و فردی افراد برانگیخته است (عباس‌نژاد و عمویی دیزجی، ۱۴۰۴). تعداد کاربران اینترنت در ایران در ژانویه ۲۰۲۴ به تقریباً ۷۵ میلیون نفر تخمین زده شده است (استیستا^۱، ۲۰۲۴). متأسفانه استفاده از شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر موبایل با وجود فواید زیادی که در زمینه ارتباطات به وجود آورده است، آسیب‌های خطرناکی نیز به دنبال دارد (حامدنی و همکاران، ۱۴۰۱).

به اعتقاد متخصصان، مشکلات وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه از خطرات ناشی از اعتیاد به مواد مخدر بیشتر و مخرب‌تر است، در ارتباط با وابستگی به شبکه‌های اجتماعی، جسم افراد دچار آسیب می‌شود ولی در جریان وابستگی به شبکه‌های اجتماعی، روان افراد دچار مشکل شده و موجب ایجاد اختلالات جدی در زمینه سلامت روانی می‌شود (سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۳). متخصصان این فناوری نوین، استفاده بیش از حد از شبکه‌های اجتماعی را موجب دور شدن کاربران از فضای اجتماعی و عمومی جامعه می‌دانند و اعتقاد دارند که این شرایط در طولانی مدت اثرات منفی و ویرانگری را روی جسم و روان افراد می‌گذارد (بلاچینو^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). علائم و نشانه‌های منفی ناشی از وابستگی به شبکه‌های اجتماعی عبارت است از اهمال‌کاری یا به تعویق انداختن کارها (کایا^۳، ۲۰۲۴)؛ حواس‌پرتی (کورکر و سوروکو^۴، ۲۰۲۴)؛ خارج شدن دانش‌آموان از نظارت و کنترل والدین (شو^۵ و همکاران، ۲۰۲۴)؛ و همچنین می‌تواند بر خواب، خوراک، بهداشت شخصی، زمان صرف شده با خانواده، موفقیت تحصیلی، شایستگی‌های اجتماعی، پریشانی و به طور کل سلامت روان اثر مخرب داشته باشد (چرن و هوانگ^۶، ۲۰۱۸). بر این اساس با توجه به گستردگی و اهمیت وابستگی بیش از حد وابستگی به شبکه‌های اجتماعی، بررسی عواملی که می‌تواند افراد را از این اختلال دور

1. Statista

2. Blachino

3. Kaya

4. Kurker & Surucu

5. She

6. Chern & Huang

کند همواره مورد توجه است (حسینی و رافعی، ۱۴۰۳). هاذار (۲۰۱۷) در مطالعات خود عنوان کرد فعالیت بدنی و ورزش یک ابزار مهم در حل مشکلات اعتیاد و بازی‌های دیجیتالی است و کسانی که از نظر جسمی فعال تر هستند وابستگی کمتری به شبکه‌های اجتماعی دارند. پارک (۲۰۱۶) نیز در پژوهش‌های خود بیان می‌کند که فعالیت‌های ورزشی در درمان اعتیاد اینترنتی و سایر اعتیادها تاثیر بیشتری نسبت به درمان‌های دارویی دارد. بر این اساس و با توجه به وابستگی بیش از حد دانش‌آموزان به استفاده از شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه و اثرات منفی آن بر روی سلامت فردی و اجتماعی دانش‌آموزان، این پژوهش به دنبال پرسش زیر است: آیا بین مشارکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه رابطه وجود دارد یا خیر؟

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر به شیوه توصیفی از نوع همبستگی بود. جامعه آماری، کلیه دانش‌آموزان ابتدایی پایه ششم دخترانه شهرستان اسلامشهر در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ بود که به صورت تصادفی ۷ مدرسه انتخاب شد و با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس تعداد ۲۲۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب شد. ملاک ورود به مطالعه شامل: پایه ششم ابتدایی و جنسیت دختر بود و ملاک خروج از پژوهش: عدم تمایل به ادامه همکاری با پژوهشگر بود. به منظور رعایت اخلاق در پژوهش، پس از کسب رضایت آگاهانه پرسشنامه‌های مطالعه در اختیار آنان قرار گرفت. به منظور تجزیه تحلیل داده‌ها از آزمون‌های توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید. اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس نسخه ۲۷ تحلیل گردید. ابزار گردآوری داده‌ها شامل پرسشنامه‌های زیر بود:

پرسشنامه وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه:

این پرسشنامه ۲۳ سوالی توسط خواجه احمدی و همکاران (۱۳۹۵) طراحی و اجرا گردید و در طیف لیکرت پنج گزینه‌ای شامل مخالفم (۱)، تا اندازه‌ای مخالفم (۲)، بی‌نظم (۳)، تا اندازه‌ای موافقم (۴) و کاملاً موافقم (۵) تنظیم شده است.

حداقل نمره پرسشنامه ۲۳ و حداکثر نمره ۱۱۵ است و سطح اعتیاد به شبکه‌های اجتماعی در چهار سطح مشتمل بر کاربر پایین‌تر از حد معمول (۲۳-۴۶)، کاربر معمولی (۴۷-۶۹)، کاربر در شرف اعتیاد (۷۰-۹۲)، و کاربر معتاد (۹۳-۱۱۵)، توصیف گردید. جهت بررسی و تعیین روایی پرسشنامه از سه روش روایی صوری، روایی محتوا و روایی سازه استفاده شد. جهت تعیین روایی صوری کمی، پرسشنامه به ۱۰ نفر از دانشجویان واجد شرایط پژوهش داده شد. همچنین جهت تأیید روایی محتوا از محاسبه‌ی شاخص روایی محتوا ($CVR = 0/86$) و نسبت روایی محتوا ($CVR = 0/86$) استفاده شد. در تحقیق خواجه احمدی و همکاران (۱۳۹۵) ضریب آلفای کرونباخ در نمونه ۲۶۰ نفری دانشجویان علوم پزشکی بوشهر برای کل پرسشنامه (۰/۹۲۷) و همچنین به تفکیک برای هر کدام از عامل‌های پرسشنامه با حداقل ۰/۶۸۱ و حداکثر ۰/۹۰۷ محاسبه گردید. در تحقیق حاضر ضریب آلفای کرونباخ برای خرده مقیاس‌های عملکرد فردی، ۰/۹۰۷؛ مدیریت زمان، ۰/۸۱۶؛ خودکنترلی، ۰/۷۲۴ و روابط اجتماعی، ۰/۶۸۱ برآورد گردید.

همچنین از دیگر ابزار گردآوری اطلاعات این پژوهش پرسشنامه باز پاسخ محقق ساخته میزان مشارکت در فعالیت‌های ورزشی است که در آن تعداد جلسات و زمان مشارکت در فعالیت‌های ورزشی بر حسب دقیقه در هفته مورد پرسش قرار گرفت. سوال‌ها به این صورت بود: (۱) در هفته چند جلسه به فعالیت‌های ورزشی می‌پردازید؟ در هر جلسه چند ساعت ورزش می‌کنید؟ با پاسخ به این سوالات و با حاصل ضرب تعداد جلسات شرکت در فعالیت‌های ورزشی در زمان هر جلسه (بر حسب دقیقه) میزان مشارکت در فعالیت‌های ورزشی برای هر نفر بر حسب دقیقه در هفته محاسبه شد (رحیمی ریگی و همکاران، ۱۳۹۸).

یافته‌های پژوهش

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های گردآوری شده، ابتدا از آمار توصیفی و سپس ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. اطلاعات توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار متغیرهای مورد بررسی در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱: شاخص‌های آمار توصیفی شرکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه

متغیر	میانگین	انحراف معیار
شرکت در فعالیت‌های ورزشی	۴۳/۶۵	۶/۷۵
وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه	۶۸/۲۶	۱۲/۷۱

به منظور بررسی رابطه بین شرکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه ماتریس ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرها مورد بررسی قرار می‌گیرد، که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: ماتریس ضرایب همبستگی متغیرهای شرکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه

متغیر	وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه
شرکت در فعالیت‌های ورزشی	همبستگی
	سطح معناداری
	-۰/۴۳۲
	۰/۰۰۱

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که بین شرکت در فعالیت‌های ورزشی و وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه رابطه منفی معنادار ($p=0/001$, $R= 0/432$) مشاهده شد. یعنی با افزایش نمرات مربوط به شرکت در فعالیت‌های ورزشی نمرات وابستگی به شبکه‌های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه کاهش پیدا می‌کند.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطه بین مشارکت در فعالیت های ورزشی و وابستگی به شبکه های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه انجام گرفت. یافته ها نشان داد که بین میزان مشارکت در فعالیت های ورزشی و وابستگی به شبکه های اجتماعی مبتنی بر تلفن همراه رابطه منفی معناداری وجود دارد و هر اندازه میزان مشارکت دانش آموزان در فعالیت های ورزشی بیشتر شود از میزان وابستگی آنها به شبکه های اجتماعی کاسته می شود. این یافته با یافته های دودانگه (۱۴۰۴)، پارسامهر و همکاران (۱۳۹۲) و رحیمی ریگی و همکاران (۱۳۹۸) هماهنگ و همسو می باشد. در تبیین این یافته می توان گفت نش ورزش در پیشگیری از بیماری ها و سایر مشکلات شناخته شده است و افراد ورزشکار با داشتن درک درست و روشن از شایستگی های اجتماعی خود کمتر به استفاده بیش از حد شبکه های اجتماعی روی می آورند، بر این اساس مشارکت در فعالیت های ورزشی می تواند اثرات مثبت زودبازده و تایرگذار بر تقویت روحیه، خلق روحیه، نشاط و شادابی و ایجاد سرگرمی و برقراری روابط اجتماعی باث دور شدن از دنیای مجازی و سرگرمی های آن از افراد می شود. پیشنهاد می شود که نهادهای آموزشی به منظور پیشگیری دانش آموزان از وابستگی افراطی به شبکه های اجتماعی برنامه ریزی های لازم را به عمل آورند. از جمله محدودیت های مطالعه حاضر عدم تبیین روابط علی و معلولی و تعداد محدود متغیرها برای بررسی روابط بود که پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب قدردانی را از کلیه کسانی که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند به عمل می آوریم.

منابع

- پارسامهر، مهریان؛ بلگوریان، مستانه و سعیدی مدنی، محسن (۱۳۹۲). بررسی رابطه بین مؤلفه های سرمایه اجتماعی و مشارکت ورزشی در میان نوجوانان. نشریه مدیریت ورزشی، ۵(۲)، ۱۰۹-۱۲۷.
- حامدنی، مهرداد؛ بابایی، محمد مهدی و خالق خواه، علی (۱۴۰۱). رابطه بین سبک دلبستگی و ویژگی های شخصیتی با اعتیاد به اینترنت در دانشجویان. مطالعات فرهنگی پلیس، ۹، ۲ (۳۳)، ۸-۲.
- حسینی، سیده یاسمن و رافضی، زهره (۱۴۰۳). پیش بینی اعتیاد به اینترنت بر اساس انواع چشم انداز زمانی و الگوهای روابط موضوعی در دانش آموزان. پژوهش های روان شناسی اجتماعی، ۱۴ (۵۵)، ۳۷-۴۸.
- دودانگه، فائزه (۱۴۰۴). بررسی رابطه بین مشارکت در فعالیت های ورزشی مدرسه و سلامت روان دانش آموزان. دومین همایش بین المللی معلمان برتر.
- رحیمی ریگی، زهرا؛ مرادی، محمدرضا و امیدی، علیرضا (۱۳۹۸). رابطه بین مشارکت در فعالیت های ورزشی و اعتیاد به اینترنت در دانشجویان دانشاهای شهرکرد. مجله سلامت اجتماعی، ۶(۴)، ۴۳۹-۴۴۷.
- سلیمانی، رحیمیان بوگر و جهان. (۱۴۰۳). نقش نیازهای روانشناختی دانشجویان در اعتیاد به اینترنت با واسطه گری سبک های مقابله ای. رویش روان شناسی، ۱۳ (۷)، ۱۴۲-۱۵۰.
- عباس نژاد، محدثه و عموی دیزجی، خدیجه (۱۴۰۴). الگوی ساختاری پیش بینی اعتیاد به اینترنت بر اساس سبک های دلبستگی با میانجیگری انعطاف پذیری شناختی در نوجوانان شهر کرج. نشریه مدیریت ارتقای سلامت، ۱۴ (۱)، ۵۲-۴۲.
- Blachino, A., Przepiokra, A., Benvenuti, M., Mazzoni, E., Seidman, G. (2018). Relations between Facebook Intrusion, Internet Addiction, Life Satisfaction, and Self-Esteem: a Study in Italy and the USA. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 17(4), 793-805. [Doi:10.1007/s11469-018-0038-y](https://doi.org/10.1007/s11469-018-0038-y)
- Chern, K. C., & Huang, J. H. (2018). Internet addiction: Associated with lower health-related quality of life among college students in Taiwan, and in what aspects? *Computers in Human Behavior*, 84(1), 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.03.011>
- Hazar Z, Tekkur un Demir G, Namli S. Investigation Of The Relationship Between Digital Game Addiction And Physical Activity Levels Of Secondary School Students. *Journal of Physical Education & Sports Science/Beden Egitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2017;11(3):320-332.
- Kaya, B. (2024). Smartphone addiction and psychological wellbeing among adolescents: the multiple mediating roles of academic procrastination and school burnout. *British Journal of Guidance & Counselling*, 52(3), 1-15. <https://doi.org/10.1080/03069885.2024.2304208>

Kurker, F., & Surucu, A. (2024). Social media addiction mediates the relationship between basic psychological needs satisfaction and academic procrastination, *Psychology in the Schools*, 61(5), 1-10. <https://doi.org/10.1002/pits.23190>

Park J-A, Sung J, Kim M-K, Kim S-K. Effect of Service Quality on Revisit Intention and Word-of-Mouth at the F-1 Chinese Grand Prix. *International Journal of Applied Sports Sciences*. 2016;28 (1):42-52.

Statista. (2024). Number of internet users worldwide as of April 2024. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>

Investigating the relationship between participation in sports activities and dependence on mobile-based social networks

Leila Heidaryani^{*1}, Hamid Nasery²

1. Assistant Professor, Department of Psychology and Family Counseling, Comprehensive University of the Islamic Revolution, Tehran, Iran
2. PhD Student in Media Management, Department of Arts, Comprehensive University of the Islamic Revolution, Tehran, Iran

Abstract

The present study was conducted with the aim of investigating the relationship between participation in sports activities and dependence on mobile-based social networks. The research method was a descriptive correlational type. The statistical population included all sixth-grade female elementary school students in Eslamshahr city in the academic year 1402-1403, of which 220 people were selected as a sample using the convenience sampling method. The tools used included the questionnaires on dependence on mobile-based social networks by Khajeh-Ahmadi et al. (2016) and the researcher-made questionnaire on participation in sports activities. The data were analyzed using the Pearson correlation test. The results showed that there was a significant negative relationship between participation in sports activities and dependence on mobile-based social networks ($p=0.001$, $R=0.432$). Based on the results obtained, it is suggested that both schools and families provide more opportunities for students to participate in sports activities.

Keywords: Participation in sports activities, dependence on social networks, mobile phones, students

* Correspondence: heidaryani@cuir.ac.ir

اثر هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل یاری سنجد دریایی بر پروتئین جاذب

شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در مردان چاق

دانیال اسداللهی سهی^{۱*}، محمد کریمی زند^۲

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم انسانی، رشته فیزیولوژی ورزشی و تندرستی، مقطع کارشناسی ارشد

چکیده:

چاقی یکی از مشکلات مهم سلامت است که با افزایش التهاب مزمن خفیف و تولید کموکاین‌های التهابی از جمله پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ (MCP-1) و اینترلوکین-۸ (IL-8) همراه است و می‌تواند در پیشرفت اختلالات متابولیکی نقش داشته باشد. از این رو، استفاده از راهکارهای غیردارویی مانند تمرین ورزشی و مکمل‌های گیاهی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌تواند در کاهش التهاب مرتبط با چاقی مؤثر باشد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل‌یاری سنجد دریایی بر غلظت پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در مردان چاق بود. پژوهش حاضر از نوع شبه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. ۳۲ مرد چاق به صورت تصادفی در چهار گروه کنترل، تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل، هر گروه شامل ۸ نفر، قرار گرفتند. برنامه تمرینی به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و با شدت ۵۵ تا ۶۵ درصد ذخیره ضربان قلب روی تردمیل اجرا شد و گروه‌های مکمل نیز طی دوره مداخله سنجد دریایی مصرف کردند. نمونه‌های خون پیش از شروع مداخله و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین جمع‌آوری و غلظت پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس آمیخته و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تحلیل شدند. نتایج نشان داد اثر متقابل گروه و زمان برای هر دو شاخص پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ معنی‌دار بود ($P < 0.05$). غلظت هر دو شاخص در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت و بیشترین کاهش در گروه تمرین همراه با مکمل مشاهده شد. با این حال، تفاوت بین گروه تمرین و مکمل معنی‌دار نبود. در مجموع، هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و مصرف سنجد دریایی، به‌ویژه به صورت هم‌زمان، می‌تواند با کاهش پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ به بهبود وضعیت التهابی مردان چاق کمک کند. بنابراین، ترکیب تمرین ورزشی و مکمل سنجد دریایی می‌تواند به عنوان یک راهکار غیردارویی برای کاهش التهاب مرتبط با چاقی مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: چاقی، تمرین تناوبی، سنجد دریایی، پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱، اینترلوکین-۸، التهاب.

مقدمه:

چاقی یک بیماری مزمن، عودکننده و چندعاملی است که با تجمع بیش از حد یا غیرطبیعی بافت چربی و افزایش خطر اختلالات متابولیکی و قلبی عروقی مشخص می‌شود. در مطالعات جمعیتی، شاخص توده بدنی^۱، که از تقسیم وزن بر مجذور قد محاسبه می‌شود، یکی از متداول‌ترین معیارهای طبقه‌بندی وضعیت وزن بدن است. در بزرگسالان، شاخص توده بدنی برابر یا بیشتر از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع معمولاً به عنوان چاقی در نظر گرفته می‌شود؛ با این حال، این شاخص به تنهایی قادر به تعیین دقیق توزیع چربی، ترکیب بدن و شدت اختلال عملکرد اندام‌ها نیست (روبینو^۲ و همکاران، ۲۰۲۵؛ سازمان بهداشت جهانی^۳).

گسترش بافت چربی، به ویژه بافت چربی احشایی، صرفاً به معنای افزایش ذخیره انرژی نیست، بلکه با هیپرتروفی سلول‌های چربی، هیپوکسی موضعی، افزایش استرس اکسیداتیو، اختلال عملکرد سلول‌های چربی و نفوذ سلول‌های ایمنی به بافت چربی همراه است. این تغییرات موجب افزایش تولید آدیپوکاین‌ها، سیتوکین‌ها و کموکاین‌های پیش‌التهابی شده و در نهایت، وضعیت التهاب مزمن و خفیف سیستمیک را ایجاد می‌کنند. این التهاب مزمن نقش مهمی در شکل‌گیری مقاومت به انسولین، دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی عروقی و سایر عوارض مرتبط با چاقی دارد (کاوائی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱؛ ویزبرگ^۵ و همکاران، ۲۰۰۳).

پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱^۶، یکی از کموکاین‌های مهم در تنظیم مهاجرت مونوسیت‌ها و سایر سلول‌های ایمنی به محل التهاب است. این کموکاین از سلول‌هایی مانند آدیپوسیت‌ها^۷، ماکروفاژها^۸ و سلول‌های اندوتلیال ترشح می‌شود و عمدتاً از طریق اتصال به گیرنده اختصاصی خود، یعنی گیرنده کموکاین نوع ۲^۹، عمل می‌کند. در شرایط چاقی، بزرگ شدن سلول‌های چربی و افزایش استرس سلولی موجب افزایش بیان پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ در بافت چربی می‌شود. در نتیجه، تعداد بیشتری از مونوسیت‌ها به بافت چربی مهاجرت کرده و به ماکروفاژهای پیش‌التهابی تبدیل می‌شوند. افزایش تجمع ماکروفاژها نیز تولید بیشتر

¹ Body Mass Index (BMI)

² Rubino

³ WHO

⁴ Kawai

⁵ Weisberg

⁶ Monocyte Chemoattractant Protein-1 (MCP-1)

⁷ Adipocyte

⁸ Macrophage

⁹ C-C Chemokine Receptor Type 2 (CCR2)

فاکتور نکروز توموری-آلفا^۱، اینترلوکین-۶^۲ و سایر میانجی‌های التهابی را به دنبال دارد و چرخه‌ای تقویت‌شونده از التهاب و اختلال عملکرد متابولیکی ایجاد می‌کند. مطالعات تجربی نشان داده‌اند که افزایش این کموکاین با افزایش نفوذ ماکروفاژها به بافت چربی، التهاب بافتی و ایجاد مقاومت به انسولین ارتباط دارد. در مقابل، مهار مسیر پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱^۳ و گیرنده آن می‌تواند به کاهش این اختلالات کمک کند (کاندا^۴ و همکاران، ۲۰۰۶؛ سارتیپی^۵ و لوسکاتوف^۶، ۲۰۰۳).

اینترلوکین-۸^۷، یکی از کموکاین‌های پیش‌التهابی است که توسط سلول‌های ایمنی، سلول‌های اندوتلیال، سلول‌های چربی و برخی سلول‌های عضلانی تولید می‌شود. این کموکاین از طریق گیرنده‌های اختصاصی خود، یعنی گیرنده کموکاین نوع ۱^۸ و گیرنده کموکاین نوع ۲^۹، در جذب و فعال‌سازی نوتروفیل‌ها^{۱۰}، مهاجرت سلول‌های ایمنی و تقویت پاسخ التهابی نقش دارد. در افراد مبتلا به چاقی، افزایش اندازه و اختلال عملکرد بافت چربی می‌تواند تشریح اینترلوکین-۸ را افزایش داده و با تشدید التهاب سیستمیک همراه باشد. همچنین، گزارش شده است که تولید اینترلوکین-۸ در بافت چربی احشایی^{۱۱} بیشتر از بافت چربی زیرجلدی^{۱۲} است؛ موضوعی که می‌تواند بیانگر اهمیت چربی احشایی در ایجاد التهاب و اختلالات متابولیکی باشد. غلظت پلاسمایی اینترلوکین-۸ در افراد چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی بالاتر گزارش شده و با میزان توده چربی، شاخص‌های مقاومت به انسولین و فعالیت برخی مسیرهای پیش‌التهابی ارتباط دارد. بنابراین، اینترلوکین-۸ می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخص‌های مناسب برای ارزیابی وضعیت التهاب مرتبط با چاقی و بررسی پاسخ بدن به مداخلات ورزشی و تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گیرد (استراچکوفسکی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۲؛ برون^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۴).

¹ Tumor Necrosis Factor-alpha (TNF- α)

² Interleukin-6 (IL-6)

³ Kanda

⁴ Sartipy

⁵ Loskutoff

⁶ Interleukin-8 (IL-8)

⁷ CXCR1

⁸ CXCR2

⁹ Neutrophil

¹⁰ Visceral Adipose Tissue (VAT)

¹¹ Subcutaneous Adipose Tissue (SAT)

¹² Straczkowski

¹³ Bruun

تمرین تناوبی با شدت متوسط^۱، نوعی تمرین هوازی است که در آن دوره‌های فعالیت با شدت متوسط به صورت متناوب با دوره‌های بازیافت فعال یا فعالیت با شدت پایین‌تر اجرا می‌شوند. در این شیوه، برخلاف تمرین تناوبی با شدت بالا^۲، شدت دوره‌های فعالیت معمولاً در محدوده‌ای قرار دارد که برای افراد کم‌تحرك یا مبتلا به چاقی تحمل‌پذیرتر است و امکان تکمیل حجم مناسبی از تمرین را با فشار ادراری و فیزیولوژیکی کمتر فراهم می‌کند. تناوب میان دوره‌های فعالیت و بازیافت می‌تواند خستگی زودرس را کاهش داده، پایبندی فرد به برنامه تمرینی را افزایش دهد و به بهبود آمادگی قلبی‌تنفسی^۳، حساسیت به انسولین، مصرف انرژی و اکسیداسیون چربی^۴ کمک کند (مالول^۵ و همکاران، ۲۰۲۳).

تمرین منظم همچنین ممکن است از طریق کاهش توده چربی، بهبود عملکرد سلول‌های چربی، کاهش نفوذ سلول‌های ایمنی به بافت چربی و تعدیل مسیرهای التهابی، غلظت پایه برخی کموکاین‌ها، از جمله پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸، را کاهش دهد. با این حال، پاسخ این شاخص‌ها به شدت و مدت تمرین، میزان تغییرات ترکیب بدن و ویژگی‌های آزمودنی‌ها وابسته است و نتایج مطالعات در این زمینه کاملاً یکسان نیست (گونزالو-انکابو^۶ و همکاران، ۲۰۲۱؛ ماکیل^۷ و همکاران، ۲۰۲۳). از این رو، اجرای هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط می‌تواند روشی عملی برای افزایش مصرف انرژی و کمک به کاهش وزن و توده چربی در مردان چاق باشد و کاهش بافت چربی نیز می‌تواند یکی از سازوکارهای احتمالی تعدیل پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ باشد؛ با این حال، میزان و جهت تغییرات این شاخص‌ها باید به‌طور مستقیم ارزیابی شود.

سنجد دریایی^۸، درختچه‌ای خاردار و مقاوم از خانواده سنجیدیان است که میوه‌هایی به رنگ زرد تا نارنجی تولید می‌کند و به‌طور طبیعی در بخش‌هایی از اروپا و آسیا، به‌ویژه مناطق سرد و کوهستانی، رشد می‌کند. این گیاه با سنجد معمولی تفاوت دارد و در منابع علمی با عنوان سنجد دریایی شناخته می‌شود. میوه، برگ، دانه و روغن سنجد دریایی از گذشته در نظام‌های غذایی و طب سنتی برخی مناطق تبت، مغولستان، چین، روسیه و آسیای مرکزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و کاربردهایی در تغذیه، ترمیم زخم و

¹ Moderate-Intensity Interval Training (MIIT)

² High-Intensity Interval Training (HIIT)

³ Cardiorespiratory Fitness

⁴ Fat Oxidation

⁵ Maaloul

⁶ Gonzalo-Encabo

⁷ Makiel

⁸ Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)

مدیریت برخی مشکلات پوستی، گوارشی و التهابی داشته‌اند. ارزش تغذیه‌ای بالا و سازگاری این گیاه با شرایط محیطی سخت موجب شده است که در دهه‌های اخیر به‌عنوان یک ماده غذایی فراسودمند^۱ و منبع بالقوه ترکیبات زیست‌فعال^۲ مورد توجه قرار گیرد. مطالعات تجربی نیز نشان داده‌اند که ترکیبات موجود در سنجد دریایی می‌توانند از طریق فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، در برابر برخی آسیب‌های بافتی از جمله آسیب کبدی ناشی از عوامل اکسیدکننده اثر محافظتی داشته باشند (ژانگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۷؛ لاگزدینا^۴ و همکاران، ۲۰۲۳).

میوه و روغن سنجد دریایی حاوی ترکیبات زیست‌فعال متعددی از جمله فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها، اسیدهای فنولیک، توکوفرول‌ها، فیتواسترول‌ها، پلی‌ساکاریدها و اسیدهای چرب غیراشباع هستند. از مهم‌ترین فلاونوئیدهای موجود در این گیاه می‌توان به ایزورامنتین، کوئرستین، کامفرول و مشتقات گلیکوزیدی آن‌ها اشاره کرد. همچنین، روغن پالپ سنجد دریایی یکی از منابع گیاهی اسید پالمیتولئیک^۵ (امگا-۷) به شمار می‌رود. برخی از آثار آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی سنجد دریایی به توانایی ترکیبات زیست‌فعال آن در کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تعدیل مسیرهای مرتبط با التهاب، از جمله گیرنده شبه تول^۶، پروتئین کیناز فعال‌شونده با میتوژن^۷ و فاکتور هسته‌ای کاپا-بی^۸، نسبت داده شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ رن^۹ و همکاران، ۲۰۱۹؛ گو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۲).

از آنجا که فعال‌شدن فاکتور هسته‌ای کاپا-بی در شرایط چاقی می‌تواند بیان ژن‌های التهابی و کموکاین‌هایی مانند پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ (MCP-1) و اینترلوکین-۸ (IL-8) را افزایش دهد، تعدیل این مسیر توسط ترکیبات زیست‌فعال سنجد دریایی می‌تواند از نظر نظری در کاهش پاسخ‌های التهابی نقش داشته باشد.

¹ Functional food

² Bioactive compounds

³ Zhang

⁴ Lagzdina

⁵ Palmitoleic Acid

⁶ TLR4

⁷ MAPK

⁸ NF-κB

⁹ Ren

¹⁰ Gu

بااین حال، بیشتر شواهد مربوط به اثرات ضدالتهابی سنجد دریایی بر مسیرهای مولکولی و شاخص‌های التهابی از مطالعات سلولی و حیوانی حاصل شده است. شواهد انسانی درباره اثر مستقیم مصرف سنجد دریایی بر غلظت پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸، به‌ویژه در مردان چاق، همچنان محدود است. بنابراین، نمی‌توان پیش از انجام پژوهش حاضر اثر قطعی سنجد دریایی بر کاهش این دو شاخص را فرض کرد و بررسی این موضوع در مطالعات انسانی، به‌ویژه در افراد مبتلا به چاقی، ضروری است (رن و همکاران، ۲۰۱۹؛ گو و همکاران، ۲۰۲۲).

با توجه به ارتباط چاقی با التهاب مزمن خفیف، افزایش فعالیت کموکاین‌های جاذب سلول‌های ایمنی و افزایش خطر اختلالات متابولیکی، شناسایی مداخلات ایمن، در دسترس و قابل اجرا برای تعدیل شاخص‌های التهابی مانند پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ اهمیت ویژه‌ای دارد. شواهد موجود نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی می‌توانند از طریق بهبود ترکیب بدن و تعدیل فرایندهای التهابی، برخی شاخص‌های التهاب مزمن مرتبط با اضافه‌وزن و چاقی را تحت تأثیر قرار دهند (گونزالو-انکابو و همکاران، ۲۰۲۱).

همچنین، تمرین تناوبی با شدت متوسط می‌تواند در افراد مبتلا به چاقی روشی قابل تحمل و عملی برای افزایش فعالیت بدنی باشد (مالول و همکاران، ۲۰۲۳).

برخی مطالعات نیز تغییرپذیری شاخص‌هایی مانند پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ را در پاسخ به فعالیت بدنی و در ارتباط با ترکیب بدن گزارش کرده‌اند (لاگردینا و همکاران، ۲۰۲۳؛ ماکیل و همکاران، ۲۰۲۳).

از سوی دیگر، سنجد دریایی به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست فعال و برخورداری از خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، به‌عنوان یک مکمل گیاهی بالقوه مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات پیش‌بالینی نشان داده‌اند که پلی‌ساکاریدها و فلاونوئیدهای سنجد دریایی می‌توانند برخی فرایندهای التهابی و استرس اکسیداتیو را تعدیل کنند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ رن و همکاران، ۲۰۱۹؛ گو و همکاران، ۲۰۲۲).

بااین حال، بیشتر شواهد موجود درباره اثرات ضدالتهابی سنجد دریایی از مطالعات سلولی و حیوانی حاصل شده و شواهد انسانی درباره تأثیر مستقیم آن بر غلظت پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸، به‌ویژه در مردان چاق، محدود است.

بنابراین، با وجود بررسی جداگانه آثار تمرین ورزشی و سنجیدگی بر فرایندهای مرتبط با التهاب، اطلاعات محدودی درباره اثر ترکیبی تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل یاری سنجیدگی بر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ وجود دارد. به طور خاص، مشخص نیست که آیا ترکیب این دو مداخله، در مقایسه با اجرای تمرین یا مصرف مکمل به تنهایی، می تواند کاهش بیشتری در غلظت این دو کموکاین در مردان چاق ایجاد کند. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط، مکمل یاری سنجیدگی و ترکیب این دو مداخله بر غلظت پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در مردان چاق انجام شد و به بررسی این موضوع پرداخت که آیا اثر ترکیبی این دو مداخله بر شاخص های التهابی با اثر هریک از آنها به تنهایی تفاوت دارد یا خیر.

روش پژوهش:

پژوهش حاضر از نوع شبه تجربی، کاربردی و دارای طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری پژوهش را مردان چاق تشکیل دادند که پس از فراخوان عمومی، بررسی اولیه و احراز معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شدند. پس از توضیح اهداف، مراحل، مزایا و خطرات احتمالی تحقیق، رضایت نامه آگاهانه کتبی از تمام آزمودنی ها دریافت شد. سپس، ۳۲ آزمودنی واجد شرایط به صورت تصادفی و با تعداد مساوی در چهار گروه هشت نفره قرار گرفتند:

۱: گروه کنترل

۲: گروه تمرین تناوبی با شدت متوسط

۳: گروه مکمل سنجیدگی دریایی

۴: گروه تمرین تناوبی با شدت متوسط همراه با مکمل سنجیدگی دریایی

گروه کنترل در طول هشت هفته در هیچ برنامه ورزشی سازمان یافته ای شرکت نکرده و مکمل سنجیدگی دریایی نیز دریافت نمی کند. از آزمودنی ها درخواست می شود در طول دوره پژوهش، الگوی معمول فعالیت بدنی و رژیم غذایی خود را تغییر ندهند. برای بررسی پایداری آزمودنی ها، حضور در جلسات تمرینی ثبت شده و کپسول های مصرف نشده در پایان هر هفته شمارش خواهد شد.

آشنایی اولیه آزمودنی‌ها

یک هفته پیش از اجرای پیش‌آزمون، آزمودنی‌ها در یک جلسه آشنایی اولیه شرکت کردند. در این جلسه، نحوه اجرای تمرین روی تردمیل، روش صحیح راه رفتن یا دویدن، چگونگی استفاده از دستگاه سنجش ضربان قلب، مقیاس درک فشار بزرگ، علائم توقف تمرین و نحوه انجام اندازه‌گیری‌های پژوهش برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد. سپس، آزمودنی‌ها نمونه کوتاهی از مراحل گرم کردن، دوره‌های فعالیت و بازیافت و سرد کردن را با شدت سبک تا متوسط اجرا کردند. هدف از برگزاری این جلسه، کاهش اثر یادگیری، افزایش ایمنی، تعیین سرعت اولیه مناسب برای هر فرد و کاهش اضطراب احتمالی آزمودنی‌ها هنگام اجرای آزمون‌ها بود. در جلسه آشنایی، ضربان قلب استراحت پس از حداقل ۱۰ دقیقه استراحت در وضعیت نشسته اندازه‌گیری شد. همچنین، آزمودنی‌ها با مقیاس ۶ تا ۲۰ بزرگ آشنا شدند تا در جلسات تمرینی بتوانند میزان فشار ادراک شده خود را گزارش کنند. شدت متوسط تمرین بر اساس ضربان قلب و میزان فشار ادراک شده تعیین شد و استفاده هم‌زمان از این دو شاخص می‌تواند به کنترل دقیق‌تر شدت تمرین کمک کند (گاربر^۱ و همکاران، ۲۰۱۱؛ فلریتی و شیدلر^۲، ۲۰۲۰).

معیارهای ورود به پژوهش

معیارهای ورود به مطالعه شامل موارد زیر است:

- مرد بودن و قرارداد داشتن در محدوده سنی تعیین شده پژوهش، برای مثال ۲۰ تا ۴۰ سال؛
- داشتن شاخص توده بدنی برابر یا بیشتر از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع؛
- نداشتن فعالیت ورزشی منظم در حد بیش از دو جلسه در هفته طی شش ماه گذشته؛
- نداشتن سابقه مصرف منظم سنجید دریاپی یا مکمل‌های حاوی آن طی سه ماه گذشته؛
- نداشتن بیماری قلبی عروقی، کلیوی، کبدی، التهابی، خودایمنی یا اختلال کنترل نشده تیروئید؛
- نداشتن دیابت کنترل نشده و فشارخون کنترل نشده؛

¹ Garber

² Flairty & Scheadler

- مصرف نکردن داروهای ضدالتهابی، کورتیکواستروئیدها، داروهای کاهش وزن یا داروهایی که بر متابولیسم و شاخص‌های التهابی تأثیر قابل توجه دارند؛

- نداشتن محدودیت اسکلتی عضلانی برای راه رفتن یا دویدن روی تردمیل؛

- نداشتن حساسیت شناخته شده به سنجیدگی یا ترکیبات کپسول؛

- نداشتن مصرف دخانیات یا مصرف منظم آن؛

- کسب مجوز پزشکی برای شرکت در تمرین در صورت وجود هرگونه عامل خطر؛

- تکمیل رضایت‌نامه آگاهانه و اعلام آمادگی برای حضور منظم در جلسات پژوهش.

معیارهای خروج از مطالعه:

معیارهای خروج از مطالعه شامل غیبت در بیش از ۲۰ درصد جلسات تمرینی، مصرف کمتر از ۸۰ درصد کپسول‌های تجویز شده، شرکت در تمرینات ورزشی دیگر، تغییر قابل توجه رژیم غذایی یا داروها، ابتلا به بیماری یا آسیب دیدگی مؤثر بر اجرای تمرین، مشاهده عوارض نامطلوب قابل توجه پس از مصرف مکمل، عدم تمایل آزمودنی به ادامه همکاری و رعایت نکردن دستورالعمل‌های پژوهش است. همچنین در صورت بروز درد قفسه سینه، سرگیجه شدید، تنگی نفس غیرطبیعی، افت فشار، افزایش غیرطبیعی فشارخون یا هر علامتی که ادامه فعالیت را ناایمن سازد، تمرین متوقف شده و آزمودنی برای بررسی پزشکی ارجاع داده می‌شود.

کنترل رژیم غذایی و فعالیت بدنی

از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود در طول هشت هفته، الگوی غذایی عادی خود را حفظ کرده و از شروع رژیم کاهش وزن یا مصرف مکمل جدید خودداری کنند. برای کنترل تقریبی رژیم غذایی، آزمودنی‌ها یک ثبت غذایی سه‌روزه شامل دو روز عادی هفته و یک روز تعطیل را پیش از شروع و در هفته پایانی تکمیل می‌کنند. میزان انرژی و درشت‌مغذی‌های دریافتی بررسی می‌شود تا مشخص شود تغییرات احتمالی شاخص‌های پژوهش ناشی از تغییرات عمده رژیم غذایی نبوده است. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود ۲۴ تا ۴۸ ساعت قبل از نمونه‌گیری خون از انجام فعالیت ورزشی شدید خودداری کنند و در روز پیش از خون‌گیری، از مصرف وعده غذایی بسیار پرچرب و نوشیدنی‌های محرک اجتناب کنند. زمان نمونه‌گیری پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای هر فرد تا حد امکان در ساعت مشابهی از روز انجام خواهد شد.

تعیین شدت تمرین بر اساس ضربان قلب

شدت تمرین با استفاده از روش ذخیره ضربان قلب یا فرمول کارونن تعیین می‌شود. ابتدا ضربان قلب بیشینه بر اساس فرمول زیر برآورد می‌شود:

$$\text{ضربان قلب بیشینه} = \text{سن} \times 0.7 - 20.8$$

سپس ذخیره ضربان قلب از تفاضل ضربان قلب بیشینه و ضربان قلب استراحت محاسبه می‌شود:

$$\text{HRR} = \text{HRmax} - \text{Hrrest}$$

در نهایت، ضربان قلب هدف از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{THR} = \text{Hrrest} + [(\text{HRmax} - \text{Hrrest}) \times \text{درصد شدت}]$$

استفاده از ذخیره ضربان قلب، تفاوت ضربان قلب استراحت افراد را در تعیین شدت تمرین در نظر می‌گیرد و از روش‌های متداول تجویز شدت تمرین هوازی است. بر اساس توصیه‌های علمی، فعالیت با شدت متوسط معمولاً در محدوده حدود ۴۰ تا ۵۹ درصد ذخیره ضربان قلب یا حدود ۶۴ تا ۷۶ درصد ضربان قلب بیشینه قرار می‌گیرد (گاربر و همکاران، ۲۰۱۱؛ فلریتی و شیدلر، ۲۰۲۰).

در پژوهش حاضر، به منظور ایجاد یک تمرین تناوبی با شدت متوسط و در عین حال قابل تحمل برای مردان چاق و کم‌تحرك، تناوب‌های فعالیت در محدوده ۵۵ تا ۶۵ درصد ذخیره ضربان قلب و تناوب‌های بازیافت فعال در محدوده ۴۰ تا ۵۰ درصد ذخیره ضربان قلب اجرا می‌شوند. ضربان قلب آزمودنی‌ها در تمام جلسات به وسیله ضربان‌سنج کنترل خواهد شد. همچنین شدت ادراک شده در پایان هر تناوب ثبت می‌شود و انتظار می‌رود در تناوب‌های اصلی تقریباً معادل ۱۲ تا ۱۴ مقیاس بورگ باشد.

در صورتی که ضربان قلب آزمودنی پایین‌تر از محدوده هدف باشد، سرعت یا شیب تردمیل به تدریج افزایش می‌یابد و اگر ضربان قلب از محدوده تعیین شده بالاتر رود، سرعت یا شیب کاهش داده می‌شود. به منظور کاهش خطای ناشی از تأخیر پاسخ ضربان قلب، تنظیم شدت بر اساس میانگین ضربان قلب در بخش پایانی هر تناوب انجام می‌شود.

پروتکل تمرین تناوبی با شدت متوسط

آزمودنی‌های گروه تمرین و گروه تمرین همراه با مکمل، به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته، با حداقل ۴۸ ساعت فاصله میان جلسات، در برنامه تمرین تناوبی با شدت متوسط شرکت می‌کنند. تمرینات روی تردمیل و تحت نظارت پژوهشگر یا متخصص فیزیولوژی ورزشی انجام خواهد شد.

هر جلسه تمرینی از سه بخش تشکیل می‌شود:

- گرم کردن
- بخش اصلی تمرین
- سرد کردن

گرم کردن شامل پنج دقیقه راه رفتن با شدت تقریبی ۴۰ درصد ذخیره ضربان قلب و انجام حرکات پویای سبک بود. سرد کردن نیز شامل پنج دقیقه راه رفتن آرام با شدت کمتر از ۴۰ درصد ذخیره ضربان قلب بود. شدت و حجم تمرین به صورت تدریجی افزایش یافت تا ضمن رعایت اصل اضافه بار، سازگاری تدریجی آزمودنی‌ها با برنامه تمرینی فراهم شده و خطر آسیب دیدگی و خروج آزمودنی‌های چاق از پژوهش کاهش یابد. شواهد موجود نشان می‌دهد که تمرینات هوازی با شدت متوسط می‌توانند برای افراد دارای اضافه وزن و چاقی قابل اجرا باشند و برنامه‌های تمرینی چند هفته‌ای می‌توانند به بهبود ترکیب بدن و برخی شاخص‌های آمادگی قلبی تنفسی و متابولیکی کمک کنند (وِوِگه^۱ و همکاران، ۲۰۱۷؛ گریپ^۲ و همکاران، ۲۰۲۱).

با اضافه کردن پنج دقیقه گرم کردن و پنج دقیقه سرد کردن، مدت هر جلسه تقریباً بین ۳۰ تا ۴۰ دقیقه خواهد بود. افزایش شدت یا سرعت فقط زمانی انجام می‌شود که آزمودنی جلسه قبلی را بدون علائم غیرطبیعی و با درک فشار قابل قبول تکمیل کرده باشد. آزمودنی‌هایی که در شروع مطالعه آمادگی کمتری دارند، می‌توانند در هفته اول حجم پایین‌تری اجرا کنند و به تدریج به حجم تعیین شده برسند.

¹ Weweg

² Gripp

آزمودنی‌های گروه تمرین و گروه تمرین همراه با مکمل، به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته، با حداقل ۴۸ ساعت فاصله بین جلسات، تمرین تناوبی با شدت متوسط را روی تردمیل اجرا کردند. هر جلسه با پنج دقیقه گرم کردن در حدود ۴۰ درصد ذخیره ضربان قلب آغاز شد و پس از آن، تناوب‌های فعالیت دو تا چهار دقیقه‌ای با شدت ۵۵ تا ۶۵ درصد ذخیره ضربان قلب، همراه با دوره‌های دو دقیقه‌ای بازیافت فعال با شدت ۴۰ تا ۵۰ درصد ذخیره ضربان قلب انجام گرفت. در دو هفته نخست، بخش اصلی تمرین شامل پنج تا شش تناوب دو دقیقه‌ای بود و در هفته‌های بعد، مدت تناوب‌های فعالیت به سه و سپس چهار دقیقه افزایش یافت؛ به‌طوری که زمان بخش اصلی تمرین از حدود ۲۰ دقیقه در هفته اول به ۳۰ دقیقه در هفته‌های پایانی رسید. شدت و حجم تمرین به‌صورت تدریجی افزایش یافت و ضربان قلب آزمودنی‌ها در تمام جلسات با ضربان سنج کنترل شد. هر جلسه نیز با پنج دقیقه راه رفتن آرام و سرد کردن پایان یافت و مدت کل جلسات تقریباً ۳۰ تا ۴۰ دقیقه بود (وِوِگه و همکاران، ۲۰۱۷؛ گریپ و همکاران، ۲۰۲۱؛ گارپر و همکاران، ۲۰۱۱).

مکمل یاری سنجد دریایی

آزمودنی‌های گروه مکمل و گروه تمرین همراه با مکمل، به مدت هشت هفته، روزانه مجموعاً ۸۰۰ میلی گرم سنجد دریایی دریافت می‌کنند. این مقدار بر اساس یک مطالعه انسانی انتخاب شده است که در آن ۸۰۰ میلی گرم روغن پالپ سنجد دریایی در روز به مدت ۶۰ روز در افراد چاق استفاده شد و شاخص‌های التهابی، وضعیت اکسیداتیو، چربی خون و عملکرد عروقی مورد بررسی قرار گرفتند (ویرگولیچی^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین، این دوز به مدت هشت هفته از نظر طول دوره و جمعیت مورد مطالعه، تناسب بیشتری با طرح حاضر دارد.

مکمل به شکل دو کپسول ۴۰۰ میلی گرمی در روز مصرف می‌شود؛ یک کپسول پس از صبحانه و یک کپسول پس از شام. مصرف مکمل همراه غذا می‌تواند تحمل گوارشی آن را افزایش دهد. کپسول‌ها توسط **جهاد دانشگاهی** تهیه و تولید می‌شوند. باین‌حال، پیش از آغاز پژوهش لازم است نوع دقیق ماده داخل کپسول، یعنی روغن پالپ، روغن دانه، پودر میوه یا عصاره استاندارد شده، تعیین شود؛ زیرا ترکیب اسیدهای چرب، فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و سایر مواد مؤثره در این فرآورده‌ها متفاوت است.

¹ Virgolici

در مطالعات انسانی، مقادیر متفاوتی از فرآورده‌های سنجید دریایی استفاده شده است؛ برای نمونه، ۸۰۰ میلی گرم روغن پالپ در روز به مدت ۶۰ روز و سه گرم روغن سنجید دریایی در روز به مدت سه ماه گزارش شده است (لارمو^۱ و همکاران، ۲۰۱۴؛ ویرگولیچی و همکاران، ۲۰۱۳). این اختلاف نشان می‌دهد که نمی‌توان دوز یک نوع فرآورده را بدون توجه به شکل مکمل، مستقیماً برای نوع دیگری به کار برد. در نتیجه، دوز ۸۰۰ میلی گرم در پژوهش حاضر زمانی قابل دفاع است که فرآورده تولیدی از نظر شکل و ترکیبات اصلی با روغن پالپ یا فرآورده استفاده‌شده در مطالعه مرجع قابل مقایسه باشد.

ملاحظات ایمنی و سمیت مکمل

انتخاب دوز ۸۰۰ میلی گرم در روز به معنای تعیین «حد بالای سمیت» سنجید دریایی نیست؛ زیرا در حال حاضر یک حد بالای مصرف روزانه استاندارد و قطعی برای تمام انواع فرآورده‌های سنجید دریایی در انسان تعیین نشده است. این دوز به این دلیل انتخاب شده که قبلاً در یک مطالعه انسانی روی افراد چاق به مدت تقریباً هشت هفته استفاده شده است، نه اینکه بیشترین دوز بدون سمیت باشد. مطالعات انسانی همچنین مصرف مقادیر بالاتر، از جمله سه گرم روغن در روز به مدت سه ماه را گزارش کرده‌اند؛ ولی جمعیت، هدف پژوهش و نوع فرآورده در این مطالعات متفاوت بوده است (لارمو و همکاران، ۲۰۱۴؛ ویرگولیچی و همکاران، ۲۰۱۳).

دارونما و کورسازی

برای افزایش اعتبار روش شناختی، بهتر است گروه کنترل و گروه تمرین نیز روزانه دو کپسول دارونما با ظاهر، وزن، رنگ و بسته‌بندی مشابه مکمل دریافت کنند. دارونما می‌تواند حاوی ماده خنثی و مجاز مانند نشاسته خوراکی یا سلولز میکروکریستالی باشد. در این حالت، مطالعه از نظر مکمل‌یاری به صورت دوسوکور اجرا می‌شود؛ به‌طوری که آزمودنی‌ها و فرد انجام‌دهنده آزمایش‌های خونی از محتوای کپسول‌ها آگاه نباشند.

کپسول‌ها به صورت هفتگی در بسته‌های کدگذاری شده تحویل داده می‌شوند. از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود زمان مصرف روزانه را ثبت کنند.

¹ Larmo

اندازه‌گیری‌های پژوهش

قد آزمودنی‌ها با قدسنج و با دقت تقریبی ۱/۰ سانتی‌متر و وزن با ترازوی کالیبره شده با دقت تقریبی ۱/۰ کیلوگرم اندازه‌گیری می‌شود. شاخص توده بدنی از تقسیم وزن بر مجذور قد برحسب متر محاسبه خواهد شد. دور کمر در نقطه میانی بین پایین‌ترین دنده و بالاترین بخش تاج خاصره و در پایان یک بازدم طبیعی اندازه‌گیری می‌شود.

در صورت دسترسی، درصد چربی بدن از طریق دستگاه آنالیز ترکیب بدن یا روش معتبر دیگری اندازه‌گیری خواهد شد. تمام اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون توسط یک ارزیاب، با دستگاه یکسان و در شرایط زمانی مشابه انجام می‌شوند.

نمونه‌گیری خون و اندازه‌گیری پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸

نمونه‌گیری خون در دو مرحله، ۴۸ ساعت پیش از نخستین جلسه تمرینی و ۴۸ تا ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام می‌شود. رعایت فاصله حداقل ۴۸ ساعته با آخرین جلسه تمرینی برای کاهش اثر حاد فعالیت ورزشی بر غلظت کموکاین‌ها ضروری است؛ زیرا فعالیت حاد می‌تواند به طور موقت غلظت برخی شاخص‌های التهابی را تغییر دهد.

آزمودنی‌ها پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه، در فاصله زمانی تقریباً ساعت ۸ تا ۱۰ صبح در آزمایشگاه حاضر می‌شوند. پس از ۱۰ تا ۱۵ دقیقه استراحت نشسته، حدود ۱۰ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی گرفته می‌شود. نمونه‌ها بر اساس دستورالعمل کیت آزمایشگاهی سانتی‌فیوژ شده و سرم یا پلاسما در میکروتیوب‌های کدگذاری شده در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری خواهد شد.

غلظت پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ با استفاده از کیت‌های الایزای انسانی معتبر و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده اندازه‌گیری می‌شود. تمام نمونه‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر آزمودنی ترجیحاً در یک نوبت آزمایش و به صورت دو تکرار مورد سنجش قرار می‌گیرند تا تغییرات بین آزمایشی کاهش یابد. نام شرکت سازنده، کشور، شماره کاتالوگ، حساسیت، دامنه اندازه‌گیری و ضریب تغییرات درون آزمون و بین آزمون کیت‌ها باید در گزارش نهایی ذکر شود.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. ابتدا شاخص‌های توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر برای متغیرهای مورد مطالعه محاسبه شد. وجود داده‌های پرت با استفاده از نمودار جعبه‌ای و بررسی مقادیر استاندارد شده ارزیابی

شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها و باقیمانده‌های مدل با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و بررسی نموداری ارزیابی شد. همچنین، همگنی واریانس‌ها بین گروه‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد.

برای تحلیل اصلی، از تحلیل واریانس آمیخته با طرح چهار گروه $\times$ دو زمان استفاده شد. در این تحلیل، عامل بین‌آزمودنی گروه شامل چهار سطح کنترل، تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل و عامل درون‌آزمودنی زمان شامل پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. اثر متقابل گروه $\times$ زمان به‌عنوان نتیجه اصلی تحلیل در نظر گرفته شد؛ زیرا این اثر مشخص می‌کند که میزان تغییر در سطوح پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در چهار گروه با یکدیگر تفاوت دارد یا خیر.

در صورت معنادار بودن اثر متقابل گروه $\times$ زمان، مقایسه‌های زوجی مناسب برای تعیین محل تفاوت‌ها انجام شد و برای کنترل خطای ناشی از مقایسه‌های متعدد، از اصلاح بونفرونی استفاده شد. همچنین، در صورت استفاده از تحلیل کوواریانس، مقادیر پس‌آزمون بین گروه‌ها با کنترل مقدار پیش‌آزمون مقایسه شدند؛ این تحلیل با رعایت مفروضه‌های مربوط، از جمله همگنی شیب‌های رگرسیون، انجام گرفت. برای بررسی تغییرات درون هر گروه نیز، در صورت نیاز، از آزمون t وابسته به‌عنوان تحلیل تکمیلی استفاده شد. باین‌حال، تفسیر اصلی نتایج بر اساس اثر متقابل گروه $\times$ زمان و/یا تحلیل کوواریانس انجام شد و صرفاً بر اساس معناداری تغییرات درون گروهی انجام نشد.

در صورت نقض شدید مفروضه‌های آزمون‌های پارامتریک، پس از بررسی امکان تبدیل مناسب داده‌ها، از تبدیل لگاریتمی یا سایر تبدیل‌های مناسب استفاده شد. در صورت تداوم نقض مفروضه‌ها، آزمون‌های ناپارامتریک متناسب با طرح پژوهش به کار گرفته شدند. سطح معناداری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد ($P < 0.05$). اندازه اثر برای تحلیل واریانس با استفاده از اتای سهمی (η^2) و برای مقایسه‌های زوجی با استفاده از d کوهن گزارش شد. همچنین، فاصله اطمینان ۹۵ درصد برای اختلاف میانگین‌ها ارائه شد.

یافته‌های پژوهش:

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. ابتدا میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش محاسبه شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو - ویلک و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. برای مقایسه تغییرات پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در چهار گروه طی دو زمان، شامل پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از تحلیل واریانس آمیخته با طرح 4×2 استفاده شد. در صورت معنادار بودن اثر متقابل گروه $\times$ زمان، مقایسه‌های زوجی با استفاده از اصلاح بونفرونی انجام شد. سطح معناداری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد و اندازه اثر به‌صورت اتای سهمی (η^2) گزارش شد.

جدول ۱. میانگین $\pm$ انحراف معیار متغیرهای پژوهش

نتایج توصیفی نشان داد که میانگین پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در گروه کنترل پس از هشت هفته تغییر قابل توجهی نداشت، در حالی که در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل کاهش یافت. از نظر توصیفی، بیشترین کاهش در هر دو متغیر مربوط به گروه تمرین همراه با مکمل بود.

متغیر	گروه	پیش آزمون Mean $\pm$ SD	پس آزمون Mean $\pm$ SD
پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ (پیکوگرم بر میلی لیتر)	کنترل	285.6 $\pm$ 32.4	287.9 $\pm$ 31.8
	تمرین	284.8 $\pm$ 34.1	248.3 $\pm$ 28.5
	مکمل	286.5 $\pm$ 31.2	255.6 $\pm$ 27.9
	تمرین+مکمل	285.1 $\pm$ 33.8	221.7 $\pm$ 24.3
اینترلوکین-۸ (پیکوگرم بر میلی لیتر)	کنترل	18.2 $\pm$ 2.8	18.4 $\pm$ 2.7
	تمرین	18.5 $\pm$ 2.6	15.9 $\pm$ 2.1
	مکمل	18.3 $\pm$ 2.5	16.4 $\pm$ 2.0
	تمرین+مکمل	18.6 $\pm$ 2.7	13.9 $\pm$ 1.8

جدول ۲. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که سطح معناداری برای تمام متغیرها در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون بیشتر از 0/05 بود؛ بنابراین، فرض صفر آزمون مبنی بر نرمال بودن توزیع داده‌ها رد نشد و نرمال بودن توزیع متغیرها تأیید شد. از این رو، یکی از مفروضه‌های اصلی استفاده از روش‌های آماری پارامتریک برقرار بود.

متغیر	آماره W	معنی داری	نتیجه
پیش‌آزمون پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱	0.972	0.451	نرمال

پس آزمون پروتئین شیمیایی جاذب مونوسیت-۱	0.968	0.382	نرمال
پیش آزمون اینترلوکین-۸	0.981	0.673	نرمال
پس آزمون اینترلوکین-۸	0.975	0.514	نرمال

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس آمیخته با طرح ۲ × ۴

نتایج تحلیل واریانس آمیخته نشان داد که اثر متقابل گروه × زمان برای هر دو متغیر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ معنادار بود. این یافته نشان می‌دهد که میزان تغییر این شاخص‌ها از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در چهار گروه یکسان نبود. برای پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱، اثر متقابل گروه × زمان معنادار بود ($P < 0/001$, $\eta^2=0/57$, $F = 12/64$). همچنین، برای اینترلوکین-۸ نیز اثر متقابل گروه × زمان معنادار گزارش شد ($P < 0/001$, $\eta^2=0/53$, $F=10/81$)؛ بنابراین، الگوی تغییر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در طول زمان بین گروه‌های پژوهش متفاوت بود. برای تعیین محل دقیق تفاوت‌ها، مقایسه‌های زوجی با اصلاح بونفرونی انجام شد.

متغیر	اثر	F	معنی داری	η^2
پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱	گروه × زمان	12.64	<0.001	0.57
اینترلوکین-۸	گروه × زمان	10.81	<0.001	0.53

جدول ۴. مقایسه‌های زوجی میزان تغییر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ بین گروه‌ها با اصلاح بونفرونی

پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱

مقایسه‌های زوجی با اصلاح بونفرونی نشان داد که میزان تغییر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل در مقایسه با گروه کنترل به طور معناداری متفاوت بود ($P=0/012$ ، $P=0/021$ ، $P < 0/001$). همچنین، میزان تغییر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ در گروه تمرین همراه با مکمل در مقایسه با گروه‌های تمرین و مکمل به طور معناداری بیشتر بود ($P=0/041$ ، $P=0/017$). با این حال، بین گروه‌های تمرین و مکمل تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P=0/999$).

مقایسه	اختلاف میانگین	معنی داری
کنترل-تمرین	37.02	0.012
کنترل-مکمل	31.8	0.021
کنترل-تمرین+مکمل	66.4	<0.001
تمرین-مکمل	5.4	0.999
تمرین-تمرین+مکمل	29.2	0.041
مکمل-تمرین+مکمل	34.6	0.017

اینترلوکین-۸

مقایسه‌های زوجی با اصلاح بونفرونی نشان داد که میزان تغییر اینترلوکین-۸ در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل در مقایسه با گروه کنترل به طور معناداری متفاوت بود ($P=0/018$ ، $P=0/037$ ، $P < 0/001$). همچنین، میزان تغییر اینترلوکین-۸ در گروه تمرین همراه با مکمل در مقایسه با گروه‌های تمرین و مکمل به طور معناداری بیشتر بود ($P=0/028$ ، $P=0/015$). با این حال، تفاوت میزان تغییر اینترلوکین-۸ بین گروه‌های تمرین و مکمل معنادار نبود ($P=0/999$).

مقایسه	اختلاف میانگین	معنی داری
کنترل-تمرین	2.5	0.018
کنترل-مکمل	2.0	0.037

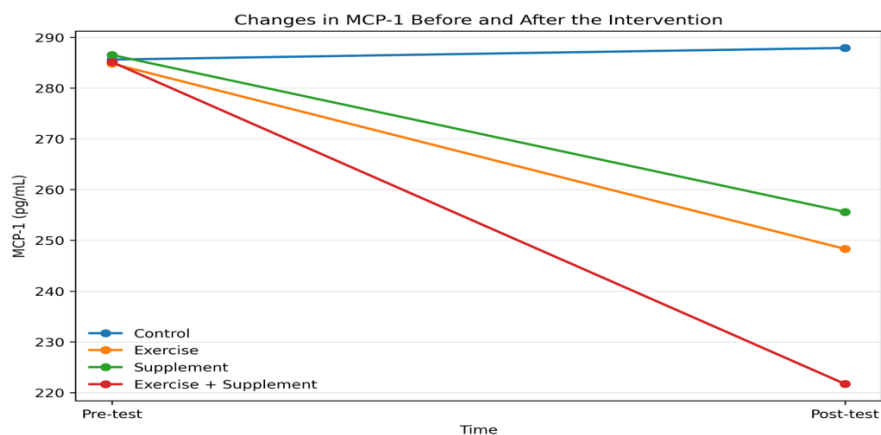
کنترل-تمرین+مکمل	4.5	<0.001
تمرین-مکمل	0.5	0.999
تمرین-تمرین+مکمل	2.0	0.028
مکمل-تمرین+مکمل	2.5	0.015

جدول ۵. اندازه اثر و معناداری آماری اثر متقابل گروه × زمان

نتایج تحلیل واریانس آمیخته نشان داد که اثر متقابل گروه × زمان برای هر دو متغیر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ معنادار بود ($P < 0/001$). اندازه اثر این اثر برای پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ برابر با $\eta^2=0/57$ و برای اینترلوکین-۸ برابر با $\eta^2=0/53$ بود که نشان دهنده اندازه اثر بزرگ است. این یافته بیانگر آن است که الگوی تغییر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ از پیش آزمون تا پس آزمون در گروه های پژوهش تفاوت قابل توجهی داشت. بر اساس مقایسه های زوجی، گروه تمرین همراه با مکمل بیشترین کاهش را در هر دو شاخص نشان داد.

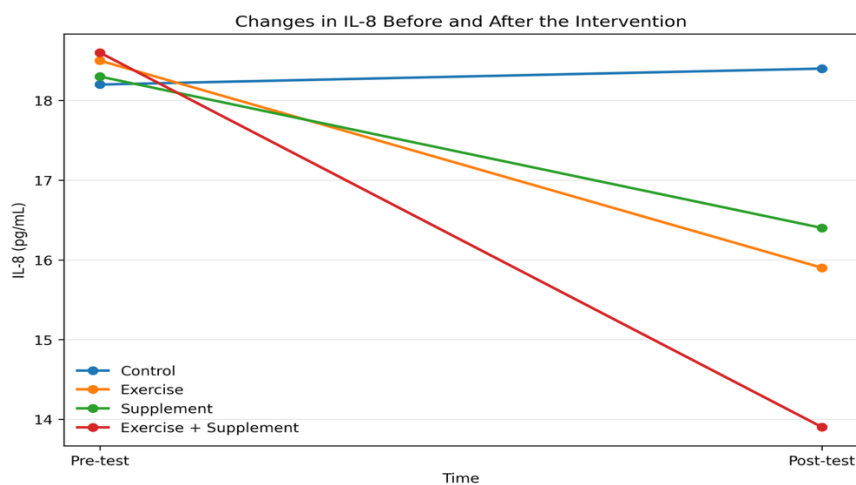
متغیر	معنی داری	η^2	نتیجه
پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱	<0.001	0.57	اثر بزرگ و معنادار
اینترلوکین-۸	<0.001	0.53	اثر بزرگ و معنادار

پس از هشت هفته، میانگین پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در گروه های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل کاهش یافت، در حالی که در گروه کنترل تغییر قابل توجهی مشاهده نشد. از نظر توصیفی، بیشترین کاهش هر دو شاخص در گروه تمرین همراه با مکمل مشاهده شد. مقایسه های زوجی با اصلاح بونفرونی نیز نشان داد که میزان تغییر در این گروه با گروه های تمرین و مکمل تفاوت معناداری داشت.



نمودار ۱. مقایسه سطوح پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ در گروه های مختلف در زمان های مختلف

میزان اینترلوکین-۸ نیز پس از مداخله در گروه های تمرین و مکمل کاهش یافت و بیشترین کاهش در گروه تمرین همراه با مکمل مشاهده شد؛ اما گروه کنترل تقریباً بدون تغییر باقی ماند.



نمودار ۲. مقایسه سطوح اینترلوکین-۸ در گروه های مختلف در زمان های مختلف

بحث و نتیجه گیری:

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل یاری سنجد دریایی، به صورت مستقل و ترکیبی، بر سطوح پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در مردان چاق بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل یاری سنجد دریایی موجب کاهش معنی دار پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در مردان چاق شد و بیشترین کاهش در گروه تمرین همراه با مکمل مشاهده گردید. این یافته می تواند نشان دهنده اثر مستقل و احتمالاً تقویت کننده دو مداخله بر التهاب مزمن مرتبط با چاقی باشد پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ از کموکاین های مهم در جذب و هدایت سلول های ایمنی به بافت ملتهب هستند و مقادیر در گردش آن ها در افراد چاق بیشتر از افراد غیر چاق گزارش شده است؛ همچنین این افزایش با شاخص توده بدن و دور کمر ارتباط دارد (کیم^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). در چاقی، بزرگ شدن سلول های چربی، هیپوکسی بافت چربی و افزایش نفوذ ماکروفاژها موجب تولید بیشتر کموکاین های التهابی می شود. بنابراین، کاهش این دو عامل پس از مداخله می تواند بیانگر بهبود وضعیت التهابی و کاهش فراخوانی مونوسیت ها و نوتروفیل ها به بافت چربی باشد. برتری گروه ترکیبی نیز احتمالاً ناشی از تأثیر همزمان فعالیت ورزشی بر کاهش چربی و تنظیم سیستم ایمنی و اثرات آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی ترکیبات سنجد دریایی است. با این حال، برای اثبات وجود اثر هم افزایی واقعی باید اثر متقابل تمرین و مکمل در تحلیل آماری معنادار باشد و صرف کاهش بیشتر میانگین در گروه ترکیبی برای چنین نتیجه گیری ای کافی نیست.

یافته مربوط به کاهش پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ با نتایج برخی مطالعات پیشین همسو است. در یک مطالعه، هشت هفته فعالیت ورزشی موجب کاهش بیان پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ در بافت چربی احشایی و کاهش شاخص های مرتبط با تجمع ماکروفاژها شد (کو و کیم^۲، ۲۰۱۳). همچنین گزارش شده است که فعالیت ورزشی، حتی بدون ایجاد کاهش شدید وزن، می تواند پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ را کاهش دهد؛ اگرچه همه شاخص های التهابی الزاماً به یک اندازه تغییر نمی کنند (بیورز^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). کاهش اینترلوکین-۸ نیز با مطالعه دورنلس و همکاران همسو است که نشان دادند فعالیت تناوبی شدید موجب کاهش اینترلوکین-۸ و افزایش اینترلوکین-۱۰ در افراد دارای اضافه وزن و چاقی می شود (دورنلس^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین در مطالعه ای دیگر، تمرین هوازی با کاهش حدود ۳۵ درصدی اینترلوکین-۸ همراه بود (ماکیل^۵ و همکاران، ۲۰۲۳). با این حال، نتایج همه مطالعات همسو نیستند؛ برای مثال، یک دوره کوتاه تمرینی در افراد چاق، با وجود ایجاد تغییر در

¹ Kim

² Ko & Kim

³ Beavers

⁴ Dorneles

⁵ Makiel

پاسخ گیرنده‌های کموکاینی لکوسیت‌ها، تغییر معنی‌داری در کموکاین‌های در گردش ایجاد نکرد (بری^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین فعالیت هوازی حاد در یک پژوهش باعث افزایش موقت اینترلوکین-۸ شد (لاگزینا و همکاران، ۲۰۲۳). این ناهم‌سویی احتمالاً به تفاوت میان پاسخ حاد و سازگاری مزمن، شدت تمرین، مدت مداخله، زمان خون‌گیری، وضعیت چاقی، کاهش وزن و سطح اولیه التهاب مربوط است. افزایش گذرای اینترلوکین-۸ بلافاصله پس از یک جلسه ورزش لزوماً با اثر ضدالتهابی تمرین منظم در حالت استراحت تناقض ندارد.

مکانیسم اثر تمرین بر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ را می‌توان از چند مسیر توضیح داد. تمرین منظم با افزایش مصرف انرژی و کاهش اندازه بافت چربی، تعداد سلول‌های چربی هیپرتروفیک و میزان هیپوکسی بافت چربی را کاهش می‌دهد؛ در نتیجه تحریک ماکروفاژها و تولید کموکاین‌هایی مانند پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ کمتر می‌شود. فعالیت ورزشی متوسط همچنین می‌تواند فعالیت مسیر التهابی فاکتور هسته‌ای کاپا-بی را مهار کند و بیان ژن‌های تولیدکننده سایتوکاین‌ها و کموکاین‌های پیش‌التهابی را کاهش دهد (کیم و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ باعث محدود شدن فراخوانی مونوسیت‌ها به بافت چربی و کاهش تبدیل آن‌ها به ماکروفاژهای پیش‌التهابی می‌شود. از سوی دیگر، انقباض عضلات اسکلتی موجب آزاد شدن مایوکاین‌ها و ایجاد یک پاسخ تنظیمی می‌شود که با افزایش عوامل ضدالتهابی مانند اینترلوکین-۱۰ و مهار تولید فاکتور نکروز توموری آلفا همراه است. بهبود حساسیت به انسولین، عملکرد میتوکندریایی و دفاع آنتی‌اکسیدانی نیز تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تحریک مسیرهای التهابی را کاهش می‌دهد. بنابراین، کاهش پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ احتمالاً حاصل مجموعه‌ای از تغییرات در بافت چربی، عضله، سلول‌های ایمنی و مسیرهای پیام‌رسانی درون سلولی است و نمی‌توان آن را تنها به کاهش وزن نسبت داد.

اثر مکمل سنجید دریایی نیز می‌تواند به وجود فلاونوئیدها، ترکیبات فنولی، کاروتنوئیدها، ویتامین E و اسیدهای چرب غیراشباع مرتبط باشد. این ترکیبات با خنثی کردن گونه‌های فعال اکسیژن، تقویت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش فعال شدن فاکتور هسته‌ای کاپا-بی می‌توانند بیان عوامل پیش‌التهابی و کموکاین‌هایی مانند پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ را محدود کنند. پژوهش‌های آزمایشگاهی و حیوانی نشان داده‌اند که روغن یا فلاونوئیدهای سنجید دریایی می‌توانند فعالیت فاکتور هسته‌ای کاپا-بی و تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی را کاهش دهند (بالکریشنا^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). در یک کارآزمایی انسانی نیز مصرف سنجید دریایی با کاهش معنی‌دار پروتئین واکنشی C^۳ نسبت به دارونما همراه بود که از ظرفیت ضدالتهابی آن حمایت می‌کند (لارمو و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین مصرف روغن پالپ سنجید دریایی با دوز ۸۰۰ میلی‌گرم در روز در کودکان چاق، بهبود برخی شاخص‌های قلبی‌متابولیک، اکسیداتیو و التهابی را نشان داده است؛ هرچند اثر آن بر التهاب ضعیف‌تر از برخی پیامدهای متابولیکی گزارش شد (چن^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). در مقابل، در بیماران همودیالیزی، مکمل روغن سنجید دریایی تغییر معنی‌داری در وضعیت

¹ Barry

² Balkrishna

³ CRP

⁴ Chen

التهاب و استرس اکسیداتیو ایجاد نکرد (روده^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین، اثر مکمل ممکن است به نوع فرآورده، بخش مورد استفاده گیاه، مقدار ترکیبات فعال، دوز مصرفی، مدت مداخله و ویژگی‌های آزمودنی‌ها وابسته باشد و شواهد مستقیم انسانی درباره اثر آن بر پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ همچنان محدود است.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به حجم نمونه کم، محدود بودن آزمودنی‌ها به مردان چاق، کوتاه‌بودن دوره مداخله و نبود پیگیری پس از پایان پژوهش اشاره کرد. همچنین کنترل کامل رژیم غذایی، خواب، استرس، فعالیت بدنی خارج از جلسات تمرین و تفاوت‌های فردی در جذب مکمل دشوار است. اندازه‌گیری پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ تنها در سرم، اطلاعات مستقیمی درباره بیان ژنی یا تغییرات این عوامل در بافت چربی و عضله فراهم نمی‌کند. نبود گروه دارونما و کورسازی نیز می‌تواند احتمال سوگیری را افزایش دهد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با نمونه بزرگ‌تر، حضور زنان، دوره‌های طولانی‌تر، گروه دارونما و پیگیری پس از مداخله انجام شوند. اندازه‌گیری ترکیب بدن، چربی احشایی، حساسیت به انسولین، پروتئین واکنشی C، فاکتور نکروز توموری آلفا، اینترلوکین-۶، اینترلوکین-۱۰ و فعالیت فاکتور هسته‌ای کاپا-بی و شاخص‌های استرس اکسیداتیو می‌تواند مکانیسم اثر را دقیق‌تر مشخص کند. همچنین مقایسه دوزها و شکل‌های مختلف سنجید دریایی و انجام نمونه‌برداری در چند زمان پس از آخرین جلسه تمرین پیشنهاد می‌شود. در مجموع، نتایج حاضر نشان می‌دهد که ترکیب تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل سنجید دریایی ممکن است راهکاری مؤثرتر از اجرای هر مداخله به‌تنهایی برای کاهش التهاب مرتبط با چاقی باشد؛ بااین‌حال، این نتیجه باید با داده‌های واقعی و پژوهش‌های کنترل‌شده بیشتر تأیید شود.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این پژوهش، هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و مصرف مکمل سنجید دریایی با کاهش معنادار سطوح پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیت-۱ و اینترلوکین-۸ در مردان چاق همراه بود. بیشترین کاهش هر دو شاخص در گروه تمرین همراه با مکمل مشاهده شد و میزان تغییر در این گروه در مقایسه با گروه‌های تمرین و مکمل به‌تنهایی تفاوت معناداری داشت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ترکیب تمرین تناوبی با شدت متوسط و مکمل سنجید دریایی ممکن است در کاهش برخی شاخص‌های التهابی مرتبط با چاقی مؤثر باشد. بااین‌حال، با توجه به محدودیت‌های پژوهش، از جمله حجم نمونه و مدت مداخله، نمی‌توان بر اساس نتایج حاضر درباره بهبود کلی وضعیت متابولیکی یا وجود اثر هم‌افزایی قطعی بین تمرین و مکمل نتیجه‌گیری کرد. بنابراین،

¹ Rodhe

انجام مطالعات آینده با حجم نمونه بزرگ‌تر، دوره مداخله طولانی‌تر، کنترل دقیق‌تر عوامل مداخله‌گر و بررسی شاخص‌های متابولیکی و التهابی بیشتر برای تأیید این یافته‌ها و روشن شدن سازوکارهای احتمالی توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله، نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی را از کلیه کسانی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، به عمل می‌آورند.

منابع:

1. World Health Organization. Obesity and overweight
2. Rubino, F., Cummings, D. E., Eckel, R. H., Cohen, R. V., Wilding, J. P., Brown, W. A., ... & Mingrone, G. (2025). Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 13(3), 221-262.
3. Kawai, T., Autieri, M. V., & Scalia, R. (2021). Adipose tissue inflammation and metabolic dysfunction in obesity. *American journal of physiology-cell physiology*, 320(3), C375-C391.
4. Weisberg, S. P., McCann, D., Desai, M., Rosenbaum, M., Leibel, R. L., & Ferrante, A. W. (2003). Obesity is associated with macrophage accumulation in adipose tissue. *The Journal of clinical investigation*, 112(12), 1796-1808.
5. Kanda, H., Tateya, S., Tamori, Y., Kotani, K., Hiasa, K. I., Kitazawa, R., ... & Kasuga, M. (2006). MCP-1 contributes to macrophage infiltration into adipose tissue, insulin resistance, and hepatic steatosis in obesity. *The Journal of clinical investigation*, 116(6), 1494-1505.
6. Sartipy, P., & Loskutoff, D. J. (2003). Monocyte chemoattractant protein 1 in obesity and insulin resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(12), 7265-7270.
7. Strackowski, M., Dzienis-Strackowska, S., Stępien, A., Kowalska, I., Szelachowska, M., & Kinalska, I. (2002). Plasma interleukin-8 concentrations are increased in obese subjects and related to fat mass and tumor necrosis factor- α system. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87(10), 4602-4606.
8. Bruun, J. M., Lihn, A. S., Madan, A. K., Pedersen, S. B., Schiøtt, K. M., Fain, J. N., & Richelsen, B. (2004). Higher production of IL-8 in visceral vs. subcutaneous adipose tissue. Implication of nonadipose cells in adipose tissue. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 286(1), E8-E13.
9. Gonzalo-Encabo, P., Maldonado, G., Valadés, D., Ferragut, C., & Pérez-López, A. (2021). The role of exercise training on low-grade systemic inflammation in adults with overweight and obesity: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 18(24), 13258.
10. Maaloul, R., Dhia, I. B., Marzougui, H., Turki, M., Kacem, F., Makhoulouf, R., ... & Hammouda, O. (2023). Is moderate-intensity interval training more tolerable than high-intensity interval training in adults with obesity?. *Biology of Sport*, 40(4), 1159-1167.
11. Makiel, K., Suder, A., Targosz, A., Maciejczyk, M., & Haim, A. (2023). Exercise-induced alternations of adiponectin, interleukin-8 and indicators of carbohydrate metabolism in males with metabolic syndrome. *Biomolecules*, 13(5), 852.
12. Lagzdina, R., Rumaka, M., Gersone, G., & Tretjakovs, P. (2023). Circulating levels of IL-8 and MCP-1 in healthy adults: changes after an acute aerobic exercise and association with body composition and energy metabolism. *International journal of molecular sciences*, 24(19), 14725.
13. Zhang, W., Zhang, X., Zou, K., Xie, J., Zhao, S., Liu, J., ... & Wang, Y. (2017). Seabuckthorn berry polysaccharide protects against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in mice via anti-oxidative and anti-inflammatory activities. *Food & function*, 8(9), 3130-3138.
14. Ren, Q. C., Li, X. H., Li, Q. Y., Yang, H. L., Wang, H. L., Zhang, H., ... & Shen, X. F. (2019). Total flavonoids from sea buckthorn ameliorates lipopolysaccharide/cigarette smoke-induced airway inflammation. *Phytotherapy Research*, 33(8), 2102-2117.

15. Gu, Y., Wang, X., Liu, F., Zhang, J., Zhang, X., Liu, J., ... & Hou, D. (2022). Total flavonoids of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) improve MC903-induced atopic dermatitis-like lesions. *Journal of Ethnopharmacology*, 292, 115195.
16. Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.
17. Flairty, J. E., & Sheadler, C. M. (2020). Perceived and heart rate-based intensities during self-paced walking: Magnitudes and comparison. *International journal of exercise science*, 13(5), 677.
18. Weweg, M., Van Den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity reviews*, 18(6), 635-646.
19. Gripp, F., Nava, R. C., Cardoso, C. R., Adriana, E. E., Diniz, M. C. O., Dias-Peixoto, M. F., & Trigueiro, A. F. (2021). HIIT is superior than MICT on cardiometabolic health during training and detraining. *European journal of applied physiology*, 121(1), 159-172.
20. Virgolici, B., Lixandru, D., Casariu, E. D., Stancu, M., Greabu, M., Totan, A., ... & Mohora, M. (2013). Sea buckthorn pulp oil treatment prevents atherosclerosis in obese children. *International Scholarly Research Notices*, 2013(1), 164941.
21. Larmo, P. S., Yang, B., Hyssälä, J., Kallio, H. P., & Erkkola, R. (2014). Effects of sea buckthorn oil intake on vaginal atrophy in postmenopausal women: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Maturitas*, 79(3), 316-321.
22. Larmo, P. S., Kangas, A. J., Soininen, P., Lehtonen, H. M., Suomela, J. P., Yang, B., ... & Kallio, H. P. (2013). Effects of sea buckthorn and bilberry on serum metabolites differ according to baseline metabolic profiles in overweight women: a randomized crossover trial. *The American journal of clinical nutrition*, 98(4), 941-951.
23. Mortensen, M. W., Spagner, C., Cuparencu, C., Astrup, A., Raben, A., & Dragsted, L. O. (2018). Sea buckthorn decreases and delays insulin response and improves glycaemic profile following a sucrose-containing berry meal: a randomised, controlled, crossover study of Danish sea buckthorn and strawberries in overweight and obese male subjects. *European journal of nutrition*, 57(8), 2827-2837.
24. Kim, C. S., Park, H. S., Kawada, T., Kim, J. H., Lim, D., Hubbard, N. E., ... & Yu, R. (2006). Circulating levels of MCP-1 and IL-8 are elevated in human obese subjects and associated with obesity-related parameters. *International journal of obesity*, 30(9), 1347-1355.
25. Ko, J., & Kim, K. (2013). Effects of exercise and diet composition on expression of MCP-1 and oxidative stress-related mRNA of adipose tissue in diet-induced obese mice. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 17(4), 181.
26. Beavers, K. M., Ambrosius, W. T., Nicklas, B. J., & Rejeski, W. J. (2013). Independent and combined effects of physical activity and weight loss on inflammatory biomarkers in overweight and obese older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(7), 1089-1094.
27. Dorneles, G. P., Haddad, D. O., Fagundes, V. O., Vargas, B. K., Kloecker, A., Romão, P. R., & Peres, A. (2016). High intensity interval exercise decreases IL-8 and enhances the immunomodulatory cytokine interleukin-10 in lean and overweight-obese individuals. *Cytokine*, 77, 1-9.

28. Makiel, K., Suder, A., Targosz, A., Maciejczyk, M., & Haim, A. (2023). Exercise-induced alternations of adiponectin, interleukin-8 and indicators of carbohydrate metabolism in males with metabolic syndrome. *Biomolecules*, 13(5), 852.
29. Barry, J. C., Simtchouk, S., Durrer, C., Jung, M. E., & Little, J. P. (2017). Short-term exercise training alters leukocyte chemokine receptors in obese adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(8), 1631-1640.
30. Lagzdina, R., Rumaka, M., Gersone, G., & Tretjakovs, P. (2023). Circulating levels of IL-8 and MCP-1 in healthy adults: changes after an acute aerobic exercise and association with body composition and energy metabolism. *International journal of molecular sciences*, 24(19), 14725.
31. Liu, H. W., & Chang, S. J. (2018). Moderate exercise suppresses NF- κ B signaling and activates the SIRT1-AMPK-PGC1 α Axis to attenuate muscle loss in diabetic db/db mice. *Frontiers in physiology*, 9, 636.
32. Balkrishna, A., Sakat, S. S., Joshi, K., Joshi, K., Sharma, V., Ranjan, R., ... & Varshney, A. (2019). Cytokines driven anti-inflammatory and anti-psoriasis like efficacies of nutraceutical sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) oil. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 453227.
33. Larmo, P., Alin, J., Salminen, E., Kallio, H., & Tahvonen, R. (2008). Effects of sea buckthorn berries on infections and inflammation: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *European journal of clinical nutrition*, 62(9), 1123-1130.
34. Chen, Y., Cai, Y., Wang, K., & Wang, Y. (2023). Bioactive compounds in sea buckthorn and their efficacy in preventing and treating metabolic syndrome. *Foods*, 12(10), 1985.
35. Rodhe, Y., Woodhill, T., Thorman, R., Möller, L., & Hylander, B. (2013). The effect of sea buckthorn supplement on oral health, inflammation, and DNA damage in hemodialysis patients: a double-blinded, randomized crossover study. *Journal of Renal Nutrition*, 23(3), 172-179.

Effects of Eight Weeks of Moderate-Intensity Interval Training Combined with Sea Buckthorn Supplementation on MCP-1 and Interleukin-8 Levels in Obese Men

Danial Asadollahi Sohi ^{*1}, Mohammad KarimiZand²

1- Senior expert in exercise physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Tehran Branch

2 - Islamic Azad University, Science and Research Branch, Faculty of Humanities, Department of Exercise Physiology and Wellness, Master's Degree (M.Sc.)

Abstract

Obesity is a major health concern associated with increased low-grade chronic inflammation and elevated production of inflammatory chemokines, including monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1) and interleukin-8 (IL-8), which may contribute to the progression of metabolic disorders. Therefore, non-pharmacological strategies such as exercise and antioxidant-rich herbal supplements may be effective in reducing obesity-related inflammation. The present study aimed to investigate the effects of eight weeks of moderate-intensity interval training and sea buckthorn supplementation on serum concentrations of monocyte chemoattractant protein-1 and interleukin-8 in obese men. This study employed a quasi-experimental pretest–posttest design with a control group. Thirty-two obese men were randomly assigned to four groups: control, exercise, supplementation, and exercise combined with supplementation, with eight participants in each group. The exercise program was performed on a treadmill for eight weeks, three sessions per week, at an intensity of 55–65% of heart rate reserve. Participants in the supplementation groups consumed sea buckthorn throughout the intervention period. Blood samples were collected before the intervention and 48 hours after the final exercise session, and serum concentrations of monocyte chemoattractant protein-1 and interleukin-8 were measured. Data were analyzed using mixed analysis of variance and the Bonferroni post hoc test at a significance level of 0.05. The results showed a significant group $\times$ time interaction for both monocyte chemoattractant protein-1 and interleukin-8 ($P < 0.05$). The concentrations of both biomarkers were significantly reduced in the exercise, supplementation, and combined exercise and supplementation groups compared with the control group, with the greatest reductions observed in the combined exercise and supplementation group. However, the difference between the exercise and supplementation groups was not statistically significant. Overall, eight weeks of moderate-intensity interval training and sea buckthorn supplementation, particularly when used in combination, may improve the inflammatory status of obese men by reducing monocyte chemoattractant protein-1 and interleukin-8 concentrations. Therefore, the combination of exercise and sea buckthorn supplementation may be considered a potential non-pharmacological strategy for reducing obesity-related inflammation.

Keywords: Obesity, interval training, sea buckthorn, monocyte chemoattractant protein-1, interleukin-8, inflammation.

* Correspondence: daaniyaaaal76@gmail.com

سناریونگاری آینده هوش مصنوعی در ارتقای توانمندی های ورزشی

فرشاد یآوری فرد^۱، علی مجدآرا^۲، حسین امیدی^۳، حمید امیدی^۴

۱. دکتری مدیریت ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲. دکتری مدیریت ورزشی، سازمان تربیت بدنی ارتش، تهران، ایران

۳. دکتری مدیریت ورزشی، سازمان تربیت بدنی ارتش، تهران، ایران

۴. دکتری مدیریت ورزشی، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران

چکیده:

امروزه، هوش مصنوعی و فناوری های نوین به یکی از پیشران های اصلی تحول در ورزش تبدیل شده اند. با این حال، عدم قطعیت های زیاد در مسیر توسعه این فناوری ها، برنامه ریزی راهبردی را با چالش مواجه ساخته است. هدف پژوهش، ترسیم سناریوهای آینده هوش مصنوعی در ارتقای توانمندی های ورزشی با استفاده از رویکرد آینده پژوهی بود. پژوهش از نظر هدف، کاربردی-توسعه ای و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی بود. برای انجام پژوهش از روش آمیخته با راهبرد غالب اکتشافی متوالی استفاده شد. ابتدا با استفاده از روش تحلیل مضمون و مصاحبه با ۱۸ نفر از خبرگان در سه حوزه هوش مصنوعی، علوم ورزشی و مطالعات ورزش نظامی، عوامل کلیدی و پیشران ها شناسایی شدند. سپس با بهره گیری از روش دلفی فازی و تکنیک تحلیل اثرات متقابل با نرم افزار MicMac، عدم قطعیت های کلیدی تعیین و در نهایت، سناریوهای محتمل با استفاده از روش GBN تدوین شدند. سه پیشران «توسعه زیرساخت داده های ورزشی»، «امنیت سایبری و حریم خصوصی داده های بیومتریک» و «سرمایه گذاری در آموزش نیروی انسانی متخصص (آینده پژوهی ورزشی)» بیشترین تأثیرگذاری و عدم قطعیت را دارند. بر اساس تعامل این دو عدم قطعیت کلیدی (سطح توسعه فناوری و سطح پذیرش سازمانی/انسانی)، سه سناریوی اصلی تدوین گردید: ۱. ارتقای هوشمند پایدار (سناریوی مطلوب). ۲. تحول شتاب زده و نابرابر (سناریوی محتمل). ۳. رکود فناوری و مقاومت انسانی (سناریوی بحرانی). آینده توانمندی های ورزشی مبتنی بر هوش مصنوعی، وابسته به تعامل سه وجهی «فناوری-انسان-حکمرانی» است. حرکت به سمت سناریوی مطلوب، مستلزم سرمایه گذاری هدفمند در زیرساخت های داده ای امن، تدوین چارچوب های اخلاقی و حقوقی شفاف و آموزش نیروی انسانی در حوزه تلاقی هوش مصنوعی و علوم ورزشی است. انتخاب مسیری هوشمندانه، انسانی، اخلاق محور و آینده نگرانه در میان سناریوهای پیش رو، بزرگترین مسئولیت و فرصت پیش روی مدیران، سیاست گذاران و پژوهشگران حوزه مدیریت ورزشی در دهه آینده است.

واژگان کلیدی: آینده پژوهی، سناریوپردازی، هوش مصنوعی، توانمندی های ورزشی، فناوری

* ایمیل نویسنده مسئول: fvavarifard@gmail.com

مقدمه:

در عصر تحول دیجیتال، هوش مصنوعی (AI)¹ دیگر صرفاً یک ابزار کمکی نیست، بلکه به عنوان یکی از تأثیرگذارترین فناوری‌های هم‌گرا، نقش خود را در بازتعریف بنیادین فرآیندهای آموزش، تمرین و ارزیابی عملکرد ورزشی آغاز کرده است. از تحلیل عمیق داده‌های بیومتریکی گرفته تا طراحی برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی شده و شبیه‌سازی‌های پیشرفته در واقعیت مجازی، هوش مصنوعی مرزهای سنتی علوم ورزشی را جابجا کرده و امکان‌پذیری‌های تازه‌ای را رقم زده است (بردی و همکاران، ۲۰۲۴). با این حال، مسیر آینده این فناوری در ورزش، برخلاف تصور رایج از پیشرفت‌های خطی، سرشار از عدم قطعیت‌های چندلایه است؛ عدم قطعیت‌هایی نظیر چالش‌های اخلاقی، نگرانی‌های امنیت داده، مقاومت‌های فرهنگی در برابر پذیرش فناوری، و شکاف‌های فناورانه میان ورزش‌های مختلف.

در عمل، هوش مصنوعی می‌تواند جایگزین فرآیندی شود که در آن یک تحلیلگر انسانی مجبور است در میان کوهی از داده‌های استخراج‌شده از منابع گوناگون، از پوشش‌های ویدئویی سازمان‌های تلویزیونی و استریمینگ گرفته تا فناوری‌های پوشیدنی، پهبادهای صوتی-تصویری ثابت درون استادیوم‌ها دست و پا بزند. هوش مصنوعی نه تنها قادر به جمع‌آوری، بلکه به تحلیل همزمان و یکپارچه تمام این داده‌هاست. اگرچه امروزه تمام ورزش‌های بزرگ، هوش مصنوعی را در جنبه‌های مختلف مدل‌های ورزشی و تجاری خود ادغام کرده‌اند، اما کمیت و کیفیت این ادغام، هم در داخل یک رشته‌ی ورزشی خاص و هم میان ورزش‌های مختلف، به طرز چشمگیری متفاوت است. این ناهمگونی، خود به یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی توسعه متوازن این فناوری تبدیل شده است (Zhou et al., 2025).

با وجود این گسترش سریع و قابلیت‌های اثبات‌شده، ادبیات علمی موجود عمدتاً بر کاربردهای جاری و موردی هوش مصنوعی متمرکز بوده است؛ از مدل‌های پیش‌بینی آسیب‌های ورزشی گرفته تا سیستم‌های توصیه‌گر تمرین. به عبارت دیگر، دانش کنونی ما درباره «چه اتفاقی در حال رخ دادن است» نسبتاً غنی است، اما تقریباً هیچ تصویر روشنی از «چه آینده‌هایی محتمل‌تر هستند» یا «چگونه می‌توان برای سناریوهای متعدد و متقابل آماده شد» ارائه نمی‌دهد. این شکاف زمانی بحرانی‌تر می‌شود که در نظر آوریم فناوری‌های هوش مصنوعی با سرعتی نمایی در حال تکامل هستند، در حالی که تصمیم‌گیری‌های راهبردی در فدراسیون‌های ورزشی، باشگاه‌ها و نهادهای سیاست‌گذار هنوز اساساً واکنشی و مبتنی بر تجربیات گذشته است. به همین دلیل، فقدان یک چارچوب آینده‌نگر و نظام‌مند برای تحلیل پیشران‌ها و عدم قطعیت‌های فراروی هوش مصنوعی در ورزش، نه یک نقص آکادمیک، بلکه یک تهدید عملی برای رقابت‌پذیری، عدالت و پایداری در ورزش آینده محسوب می‌شود. انتشار شماره ویژه «کاربردهای هوش مصنوعی در ورزش، فعالیت بدنی و سلامت» در مجله معتبر *Journal of Sport and Health Science* در سال ۲۰۲۵، نشانه‌ای آشکار از اهمیت روزافزون این حوزه و نیاز فزاینده به پژوهش‌های میان‌رشته‌ای در تقاطع علوم ورزشی، داده‌کاوی و اخلاق فناوری است (An, 2025). رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی راهبردی

¹. Artificial Intelligence

² . Brady et al

که مبتنی بر پیش‌بینی‌های خطی و ایستا هستند، توانایی مواجهه با این سطح از آشفتگی، پیچیدگی و عدم قطعیت را ندارند. در چنین شرایطی، آینده‌پژوهی راهبردی با تأکید ویژه بر روش سناریوپردازی، ابزاری توانمند برای درک آینده‌های محتمل، ممکن و مطلوب فراهم می‌کند و به ما امکان می‌دهد تا به جای انفعال، برای عدم قطعیت‌ها آماده باشیم (جمشیدی و همکاران، ۱۴۰۰). بر این اساس، پژوهش حاضر در پی پاسخ به این سؤال اساسی شکل گرفته است: پیش‌بینی‌های کلیدی مؤثر بر آینده هوش مصنوعی در ورزش کدام‌اند و بر اساس عدم قطعیت‌های حاصل از تعامل این پیش‌بینی‌ها، سناریوهای بدیل پیش روی ارتقای توانمندی‌های ورزشی کدام‌اند؟

مبانی نظری

آینده‌پژوهی راهبردی در ورزش

آینده‌پژوهی راهبردی، تلاشی نظام‌مند و میان‌رشته‌ای برای درک، ترسیم و شکل‌دهی به آینده از طریق شناسایی تحولات پیش از وقوع، تحلیل پیش‌بینی‌های کلیدی و خلق آینده‌های بدیل است (Silva et al., 2020). برخلاف روش‌های سنتی پیش‌بینی که بر فرض تداوم روندهای گذشته استوارند، آینده‌پژوهی راهبردی با پذیرش ماهیت غیرخطی و آشفته تحولات اجتماعی-فناورانه، بر عدم قطعیت‌ها به عنوان فرصتی برای کنشگری آگاهانه تأکید می‌کند. در حوزه ورزش، این رویکرد به مدیران، مربیان و برنامه‌ریزان راهبردی کمک می‌کند تا در مواجهه با تغییرات سریع فناورانه، اقتصادی و فرهنگی، از واکنش صرف به آینده (حالت انفعالی) به اقدام پیش‌دستانه و آینده‌ساز (حالت فعال) تغییر جهت دهند. روش سناریوپردازی (Scenario Planning) به عنوان یکی از توانمندترین ابزارهای آینده‌پژوهی راهبردی، با ساخت روایت‌های چندگانه و محتمل از آینده، امکان آزمودن راهبردها در شرایط متفاوت و افزایش تاب‌آوری سازمانی را فراهم می‌آورد (Schwartz, 1996).

هوش مصنوعی در ورزش

تعریف و مبانی مفهومی

هوش مصنوعی (AI) به مطالعه ماشین‌ها یا روش‌های محاسباتی‌ای اطلاق می‌شود که قادرند محیط پیرامون خود را درک کنند، داده‌ها را پردازش و دانش را انباشت نمایند و در ادامه، تصمیم‌هایی اتخاذ کنند که بر یک حوزه مشخص اثرگذار است و این تصمیم‌ها با اهداف از پیش تعیین‌شده هم‌راستا باشند (Russell & Norvig, 2021). از منظر جامع‌تر، هوش مصنوعی به عنوان شاخه‌ای از علوم کامپیوتر تعریف می‌شود که به ایجاد سیستم‌ها و ماشین‌هایی می‌پردازد که توانایی انجام وظایفی را دارند که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارد، از جمله یادگیری، استدلال، حل مسئله، تشخیص الگو، تصمیم‌گیری و حتی خلاقیت. در سال‌های اخیر، زیرشاخه‌هایی چون یادگیری ماشین (Machine Learning)، یادگیری عمیق (Deep Learning) و شبکه‌های عصبی مصنوعی، به‌ویژه در زمینه تحلیل داده‌های پیچیده ورزشی، پیشرفت‌های چشمگیری داشته‌اند (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016).

حوزه‌های کاربرست هوش مصنوعی در ورزش

هوش مصنوعی در ورزش شامل سه حوزه اصلی و به هم پیوسته است:

۱. فناوری‌های پایش و سنج^۳: شامل حسگرهای پوشیدنی (مانند دستبندها، لباس‌های هوشمند، کفش‌های مجهز به سنسور)، داده‌های بیومتریک (ضربان قلب، اکسیژن خون، دمای بدن)، فناوری‌های بینایی ماشین (Machine Vision) برای ردیابی حرکت ورزشکاران در میدان مسابقه، و سیستم‌های موقعیت‌یاب مبتنی بر GPS^۴ و UWB^۵ که داده‌های لحظه‌ای از بار تمرینی و عملکرد فراهم می‌کنند.

۲. تحلیل داده و مدل‌سازی عملکرد^۶: به کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی آسیب‌های ورزشی، بهینه‌سازی برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی شده، تحلیل تاکتیک‌های تیم حریف، ارزیابی عملکرد بازیکنان، و کشف الگوهای پنهان در کلان‌داده‌های مسابقات.

۳. شبیه‌سازی‌های آموزشی و واقعیت‌های مجازی/افزوده (Simulation & VR^۷/AR^۸): ایجاد محیط‌های شبیه‌سازی شده برای تقویت مهارت‌های شناختی-حرکتی، تصمیم‌گیری تحت فشار، بازآفرینی موقعیت‌های مسابقه، و کاهش خطر آسیب در تمرین‌های پرخطر.

پیشرفت‌های اخیر در یادگیری عمیق و دسترسی بی‌سابقه به کلان‌داده‌های ورزشی (به‌ویژه از طریق لیگ‌های حرفه‌ای، فناوری‌های پوشیدنی و پلتفرم‌های استریمینگ^۹)، افق‌های جدیدی را در شخصی‌سازی تمرینات، کشف استعدادها، پیشگیری از مصدومیت و داوری هوشمند گشوده است (Xu & Baghaei, 2025). با این حال، همزمان با این فرصت‌ها، چالش‌های بنیادینی نظیر حریم خصوصی داده‌های ورزشکاران، سوگیری الگوریتمی (به‌ویژه در سیستم‌های ارزیابی و استعدادیابی)، شکاف دیجیتال میان ورزش‌های پردرآمد و کم‌درآمد، و تهدید عدالت و رقابت منصفانه باید به‌طور جدی مورد توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران قرار گیرند.

۳-۲. شکاف نظری: تقاطع آینده‌پژوهی راهبردی و هوش مصنوعی در ورزش

علیرغم غنای نسبی ادبیات در هر یک از دو حوزه «آینده‌پژوهی راهبردی در ورزش» و «کاربردهای هوش مصنوعی در ورزش»، تقاطع این دو حوزه به‌طور شگفت‌آوری خالی از پژوهش‌های نظام‌مند باقی مانده است. به عبارت دیگر، در حالی که مطالعات متعددی به این پرسش پرداخته‌اند که «هوش مصنوعی امروز چگونه عملکرد ورزشی را بهبود می‌بخشد؟»، کمتر پژوهش ساختارمند و آینده‌نگرانه‌ای به این پرسش اساسی پاسخ داده است که «آینده‌های محتمل، ممکن و مطلوب کاربرست

^۳. Monitoring & Sensing Technologies

^۴. Global Positioning System

^۵. Ultra-Wideband

^۶. Data Analytics & Performance Modeling

^۷. Virtual Reality

^۸. Augmented Reality

^۹. استریمینگ (Streaming) به معنی پخش لحظه‌ای فایل‌های صوتی یا تصویری از اینترنت است، بدون اینکه نیاز باشد کل فایل را دانلود شود. در این روش، داده‌ها به صورت پیوسته و در بسته‌های کوچک دریافت و همزمان پخش می‌شوند.

هوش مصنوعی در ورزش کدام‌اند و هر یک از این سناریوها چه الزامات راهبردی برای ذی‌نفعان مختلف (فدراسیون‌ها، باشگاه‌ها، ورزشکاران، رسانه‌ها و نهادهای قانون‌گذار) ایجاد می‌کنند؟» این شکاف نظری زمانی حیاتی‌تر می‌شود که در نظر آوریم هوش مصنوعی نه یک فناوری ایستا، بلکه یک «پدیده‌ی در حال ظهور با مسیرهای تکاملی متعدد و وابسته به کنش‌های انسانی، تصمیم‌های سرمایه‌گذاری، چارچوب‌های نظارتی و پذیرش فرهنگی است. از این رو، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد سناریوپردازی در آینده‌پژوهی راهبردی، تلاش می‌کند تا این شکاف نظری را پر کرده و چارچوبی تحلیلی برای درک عدم قطعیت‌های فراروی هوش مصنوعی در ورزش ارائه دهد. چنین چارچوبی نه تنها برای جامعه آکادمیک، بلکه برای مدیران اجرایی ورزشی که نیازمند تصمیم‌گیری در شرایط ابهام هستند، ارزش کاربردی مستقیم دارد.

جدول ۱. پیشینه پژوهش

نویسندگان	هدف	نتایج
شرفی و همکاران (۱۴۰۵)	این پژوهش با هدف مروری بر کاربردهای هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش زنان انجام شد.	قابلیت‌های AI در تحلیل داده‌های پیچیده فیزیولوژیکی، پیش‌بینی عملکرد و ریسک آسیب، و طراحی سیستم‌های هوشمند تمرینی مبتنی بر ویژگی‌های فردی بررسی شد.
یعقوبی و همکاران (۱۴۰۳)	تحلیل و آینده‌نگری سناریوهای هوش مصنوعی در صنعت ورزش ایران با استفاده از رویکرد آینده‌پژوهی	این مطالعه به شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر توسعه هوش مصنوعی در ورزش ایران پرداخته و سناریوهای محتمل را ترسیم کرده است.
گل محمدی و پاشایی (۱۴۰۳)	شناسایی و تحلیل روندهای علمی مرتبط با هوش مصنوعی در ورزش از طریق روش‌های نوین تحلیل ابرکلمات است.	پر کردن شکاف‌ها و ارائه راهکارهای بهینه برای بهره‌برداری از هوش مصنوعی در صنعت ورزش است.
کیانی (۱۴۰۳)	هدف این مقاله، افزایش عملکرد ورزشکاران، بهینه‌سازی استراتژی‌های تمرینی و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری است. همچنین، چالش‌های موجود را شناسایی کرده و راه‌حل‌هایی برای ادغام این فناوری‌ها در روش‌های تحلیل ورزشی فعلی ارائه می‌دهد.	رویدادهای تمرینی و رقابتی را میتوان با سرعت بیشتری تنظیم کرد تا با اهداف خاص هماهنگ شوند. در این زمینه، از محیط‌های مختلف، از جمله دنیای مجازی و واقعیت مختلط، میتوان برای ارائه استراتژی‌های آموزشی استفاده کرد.

جمشیدی و همکاران (۱۴۰۰)	تصویرپردازی از آینده منابع انسانی با تأکید بر حکمرانی الکترونیک با استفاده از روش سناریوپردازی	این مطالعه با استفاده از روش GBN (شبکه کسب و کار جهانی) به تدوین سناریوهای آینده پرداخته و نشان داده است که روش سناریوپردازی ابزاری توانمند برای مواجهه با عدم قطعیت های آینده در حوزه حکمرانی الکترونیک است.
فتحی و همکاران (۱۳۹۹)	هدف اصلی این پژوهش، آینده پژوهی ورزش دانشگاهی ایران می باشد.	دو عامل کلیدی حمایت های مالی و اقتصادی و سبک زندگی مشخص شد. براساس این عوامل و با استفاده از نرم افزار سناریو ویزارد و ماتریس اثرات متقابل چهار سناریو بدست آمد. این سناریوها شامل سناریوی عصر شادی، دنیای بی تفاوتی، دنیای تنبل ها و دنیای افسرده می باشند.

روش پژوهش:

نوع و رویکرد پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی-توسعه ای است، زیرا به دنبال ارائه چارچوبی عملیاتی برای تصمیم گیری راهبردی در حوزه هوش مصنوعی در ورزش است؛ و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی محسوب می شود، چراکه به توصیف وضع موجود و تحلیل روابط میان متغیرها می پردازد. با توجه به ماهیت آینده محور، پیچیده و آکنده از عدم قطعیت موضوع، از روش آمیخته با راهبرد غالب اکتشافی متوالی استفاده شده است. در این راهبرد، ابتدا داده های کیفی گردآوری و تحلیل می شوند و سپس یافته های کیفی مبنای طراحی بخش کمی پژوهش قرار می گیرند (Creswell & Clark, ۲۰۱۷).

تحلیل داده های کیفی در این پژوهش بر اساس الگوی شش مرحله ای براون و کلارک (۲۰۰۶) انجام شد که شامل مراحل زیر است: (۱) آشنایی با داده ها، (۲) استخراج کدهای اولیه، (۳) جستجوی مضامین، (۴) بازبینی مضامین، (۵) تعریف و نام گذاری مضامین و (۶) تدوین گزارش نهایی. برای سناریوپردازی، از رویکرد GBN¹⁰ استفاده شده است. این رویکرد که یکی از معتبرترین و پرکاربردترین روش های سناریوپردازی در سطح بین المللی محسوب می شود. رویکرد سناریوپردازی در حوزه مدیریت ورزشی، به سازمان ها و ذی نفعان اجازه می دهد تا با شناسایی عدم قطعیت های کلیدی و پیشران های تأثیرگذار، برای آینده های محتمل و بدیل آمادگی داشته باشند و از واکنش صرف به تغییرات به اقدام پیش دستانه تغییر رویه دهند.

¹⁰ . Global Business Network

آینده پژوهی راهبردی با ترکیب دو رویکرد پیش‌نگرانه و پیش‌فعالانه، امکان شناسایی تحولات قبل از وقوع و خلق آینده‌های بدیل را فراهم می‌کند که برای برنامه‌ریزی در حوزه‌های دارای عدم قطعیت بالا مانند فناوری‌های ورزشی ضروری است (Godet & Durance, ۲۰۱۱). روش سناریوپردازی GBN شامل ده گام اصلی است که در این پژوهش به ترتیب اجرا شده است: گام اول تعیین سؤال کانونی پژوهش؛ گام دوم شناسایی نیروهای پیشران از طریق مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان؛ گام سوم دسته‌بندی نیروها در چهارچوب PESTEL (سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناورانه، زیست‌محیطی و قانونی)؛ گام چهارم رتبه‌بندی نیروها بر اساس دو معیار «اهمیت» و «عدم قطعیت»؛ گام پنجم انتخاب دو عدم قطعیت کانونی به عنوان محورهای سناریو؛ گام ششم ساخت ماتریس سناریو با ترکیب دو محور؛ گام هفتم تدوین روایت‌های توصیفی برای هر خانه ماتریس؛ گام هشتم بازبینی منطق درونی سناریوها؛ گام نهم شناسایی نشانه‌های اولیه برای تشخیص وقوع هر سناریو؛ گام دهم تدوین الزامات راهبردی برای هر سناریو (Schwartz, ۱۹۹۶).

جامعه آماری و نمونه‌گیری

جامعه آماری شامل ۶۰ نفر از خبرگان در سه حوزه تخصصی بود: (۱) «هوش مصنوعی و فناوری‌های نوین»، (۲) «علوم ورزشی و فیزیولوژی ورزشی»، و (۳) «مدیریت راهبردی و آینده‌پژوهی». نمونه آماری به روش هدفمند و با معیارهای ورود مشخص (داشتن حداقل ۵ سال سابقه کار تخصصی، داشتن حداقل یک مقاله یا طرح پژوهشی مرتبط، یا داشتن تجربه عملی در سطح ملی/بین‌المللی) و تا حد اشباع نظری به تعداد ۱۸ نفر انتخاب شدند (جدول ۲). علاوه بر خبرگان، از منابع ثانویه شامل منابع کتابخانه‌ای، مقالات معتبر بین‌المللی (پایگاه‌های Scopus، Web of Science، PubMed) گزارش‌های علمی سازمان‌های بین‌المللی نظیر (IOC، FIFA، NATO، DARPA¹¹) و اسناد راهبردی ملی نیز استفاده گردید.

جدول ۲. اطلاعات دموگرافیک نمونه خبرگان

ردیف	تعداد	پست و حوزه تخصصی	میانگین سابقه
۱	۹	پژوهشگران هوش مصنوعی و داده‌کاوی ورزشی و مهندسين پوشیدنی‌های ورزشی	۱۰ سال
۲	۵	متخصصان فیزیولوژی ورزش و مربیان نخبه	۱۵ سال
۳	۴	تحلیلگران آینده‌پژوهی و سیاست‌گذاری ورزش	۱۲ سال

11. Defense Advanced Research Projects Agency

ابزار و روش گردآوری داده‌ها

ابزارهای گردآوری داده شامل سه بخش اصلی بود:

الف) مصاحبه نیمه‌ساختاریافته: میانگین مدت هر مصاحبه ۶۰ دقیقه و به صورت عمیق و اکتشافی انجام شد. سؤالات مصاحبه حول محورهای زیر طراحی گردید: وضعیت موجود هوش مصنوعی در ورزش، پیشران‌های کلیدی (فناورانه، اقتصادی، فرهنگی، حقوقی)، موانع و چالش‌های پیش رو، و انتظارات از آینده.

ب) پرسشنامه دلفی فازی: این پرسشنامه در سه دور اجرا شد: دور اول: عوامل اولیه از طریق مرور نظام‌مند ادبیات و تحلیل مضمون مصاحبه‌ها شناسایی و در قالب پرسشنامه باز ارائه شد. دور دوم: پرسشنامه ساختاریافته با طیف لیکرت ۵ درجه‌ای (بسیار کم‌اهمیت تا بسیار پراهمیت) برای اولویت‌بندی عوامل به خبرگان ارسال شد. دور سوم: پس از محاسبه آمارهای توصیفی و فازی، پرسشنامه با بازخورد نظر گروه (نظرات اکثریت و نظرات مخالف) مجدداً ارسال شد تا خبرگان بتوانند نظر خود را بازبینی کرده و به اجماع نزدیک‌تر شوند.

ج) چک لیست تحلیل اسناد: برای استخراج نظام‌مند داده‌ها از گزارش‌های بین‌المللی معتبر (مانند گزارش‌های سالانه IOC درباره فناوری‌های ورزشی، گزارش‌های NATO و DARPA در حوزه هوش مصنوعی، و مستندات فدراسیون‌های جهانی ورزش) استفاده گردید.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها در چهار مرحله متوالی انجام شد:

مرحله اول: تحلیل مضمون با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA ۲۰۲۲، داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها و اسناد کدگذاری شد و بر اساس الگوی شش مرحله‌ای براون و کلارک (۲۰۰۶)، مضامین اصلی و فرعی استخراج گردید.

مرحله دوم: دلفی فازی: برای تعیین اجماع خبرگان در مورد اهمیت هر یک از عوامل شناسایی‌شده، از روش دلفی فازی استفاده شد. معیار اجماع، ضریب توافق بالای ۰.۷۵ در دور سوم در نظر گرفته شد. همچنین از مقادیر فازی (مثلی) برای تبدیل نظرهای زبانی به اعداد قابل محاسبه استفاده گردید.

مرحله سوم: تحلیل اثرات متقابل با استفاده از نرم‌افزار MicMac، ماتریس اثرات متقابل میان پیشران‌های کلیدی تشکیل شد. این نرم‌افزار با تحلیل روابط مستقیم و غیرمستقیم، متغیرهای راهبردی، تأثیرگذار، تأثیرپذیر، دوجبهی و مستقل را شناسایی می‌کند.

مرحله چهارم: سناریوپردازی بر اساس عدم قطعیت‌های کلیدی حاصل از تحلیل اثرات متقابل، محورهای اصلی سناریوها تعیین شدند. سپس با ترکیب این محورها، ماتریس سناریو تشکیل شد و برای هر خانه ماتریس، یک روایت توصیفی-تحلیلی از آینده هوش مصنوعی در ورزش تدوین گردید. در نهایت، نشانه‌های اولیه (پیش‌بینی‌کننده‌های وقوع) و الزامات راهبردی هر سناریو نیز استخراج شد.

برای تضمین کیفیت یافته‌ها، معیارهای چهارگانه لینکلن و گوبا (Lincoln & Guba, ۱۹۸۵) شامل قابلیت باورپذیری، قابلیت انتقال، قابلیت اطمینان و قابلیت تأییدپذیری رعایت شد. به منظور افزایش باورپذیری، از روش‌های بازبینی توسط مشارکت‌کنندگان، بازبینی توسط همکاران و مثلث‌سازی داده‌ها استفاده گردید. برای قابلیت انتقال، توصیف غنی از زمینه پژوهش و مشخصات خبرگان ارائه شد. برای قابلیت اطمینان، فرآیند پژوهش گام به گام و شفاف مستندسازی گردید. برای تأییدپذیری، یافته‌ها همراه با شواهد مستند (نقل قول‌های مستقیم از مصاحبه‌ها) ارائه شد.

یافته‌های پژوهش:

نتایج تحلیل مضمون

در مرحله اول پژوهش، با مطالعه نظام‌مند منابع کتابخانه‌ای و اجرای مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۸ نفر از خبرگان، در مجموع ۲۳۴ کد مفهومی اولیه شناسایی شد. پس از حذف همپوشانی‌ها و کدهای تکراری و ادغام مفاهیم مشابه، کدهای نهایی در قالب ۳ مضمون فراگیر، ۶ مضمون اصلی و ۲۰ زیرمضمون دسته‌بندی شدند. جدول ۳. مضامین فراگیر، مضامین اصلی و زیرمضامین استخراج‌شده

نمونه زیرمضامین	مضمون اصلی	مضمون فراگیر
کمبود زیرساخت داده، تهدیدات امنیت سایبری، نبود استانداردهای یکپارچه، هزینه بالای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین	چالش‌های فناوریانه	چالش‌های پیش رو
مقاومت ذی‌نفعان کلیدی، نبود فرهنگ داده‌محور، کمبود نیروی متخصص	چالش‌های انسانی و سازمانی	
پوشیدنی‌های هوشمند، شبیه‌سازهای VR/AR، اینترنت اشیاء ورزشی	فرصت‌های فناوریانه	فرصت‌های تحول‌آفرین
شخصی‌سازی تمرین، پیش‌بینی آسیب، کشف استعدادهای ورزشی	فرصت‌های مدیریتی	

نمونه زیرمضامین	مضمون اصلی	مضمون فراگیر
-----------------	------------	--------------

یکپارچگی اینترنت اشیا ورزشی، مربی AI،
داوری خودکار، متاورس ورزشی

روندهای جهانی

چشم اندازهای آینده

سیاست گذاری داده‌ای، همکاری دانشگاه-
صنعت، توانمندسازی نیروی انسانی

الزامات بومی سازی

در جدول ۴، فراوانی ارجاع به مضامین اصلی در داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها نشان داده شده است. این فراوانی نشان‌دهنده میزان توجه و تأکید خبرگان به هر یک از مضامین است.

جدول ۴: فراوانی مضامین اصلی در داده‌های کیفی

ردیف	مضمون اصلی	فراوانی	نمونه کد
۱	زیرساخت داده و امنیت سایبری	۷۲	"نبود بستر امن برای داده‌های بیومتریک"
۲	پوشیدنی‌ها و حسگرهای هوشمند	۵۸	"ساعت‌ها و لباس‌های هوشمند نظامی-ورزشی"
۳	واقعیت مجازی و افزوده (VR/AR)	۴۶	"شبیه‌سازی محیط مسابقه برای کاهش آسیب"
۴	آموزش و توسعه سرمایه انسانی	۳۹	"تربیت نیروی متخصص AI در علوم ورزشی"
۵	فرهنگ سازمانی و پذیرش فناوری	۳۴	"مقاومت مربیان سنتی در برابر داده"
۶	هزینه و منابع مالی	۲۸	"بودجه سنگین تحقیق و توسعه برای باشگاه‌ها"

کاربرد هوش مصنوعی در ورزش‌های الیت به طور فزاینده‌ای بر سه حوزه متمرکز شده است: (۱) تحلیل عملکرد بازیکنان، (۲) پیش‌بینی آسیب‌های ورزشی، و (۳) بهینه‌سازی برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی شده (Ponce-Bordon et al., 2024).

رتبه‌بندی پیشران‌های کلیدی (نتایج تحلیل اثرات متقابل)

برای شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر آینده هوش مصنوعی در ورزش، ماتریس اثرات متقابل 35×35 با استفاده از نرم‌افزار MicMac تشکیل شد. نتایج تحلیل نشان داد که از بین ۳۵ عامل اولیه، سه عامل دارای بالاترین میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری همزمان هستند (متغیرهای دوجهی یا کلیدی):

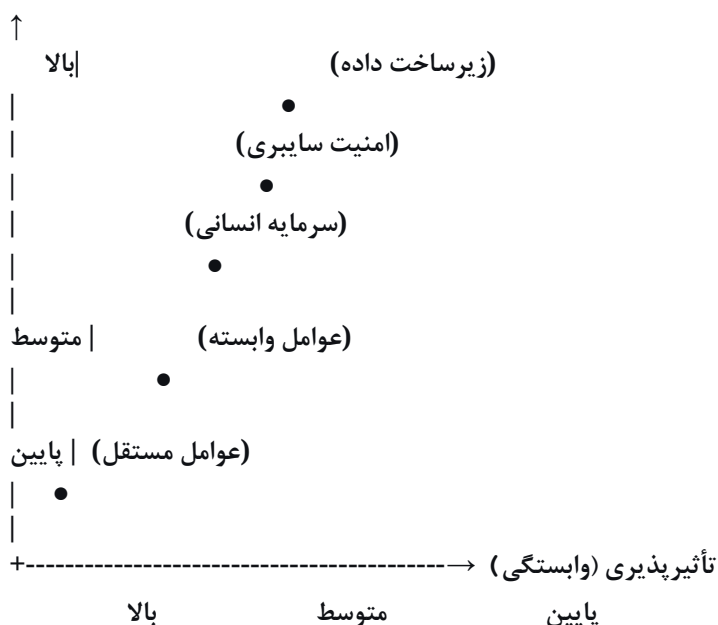
۱. توسعه زیرساخت داده‌های ورزشی و پلتفرم‌های پردازش امن (تأثیرگذاری: ۰.۹۱)

۲. امنیت سایبری و حریم خصوصی داده‌های بیومتریک (تأثیرگذاری: ۰.۸۸)

۳. سرمایه‌گذاری در آموزش نیروی انسانی متخصص هوش مصنوعی در ورزش (تأثیرگذاری: ۰.۸۶)

بر اساس نقش هر عامل در سیستم (شکل ۱)، دو عامل اول (توسعه زیرساخت داده و امنیت سایبری) به عنوان عدم قطعیت‌های کلیدی انتخاب شدند، زیرا علاوه بر تأثیرگذاری بالا، آینده آن‌ها به شدت نامشخص، غیر خطی و وابسته به تصمیمات انسانی و سیاست‌گذاری‌های آتی است.

تأثیرگذاری (دستکاری کنندگی)



شکل ۱. صفحه پراکندگی متغیرها در ماتریس اثرات متقابل

تحلیل شکل ۱:

- متغیرهای کلیدی (دووجهی): سه عامل «توسعه زیرساخت داده»، «امنیت سایبری داده‌های بیومتریک» و «سرمایه‌گذاری در آموزش نیروی انسانی» در ربع بالای راست نمودار قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تأثیرگذاری و تأثیرپذیری همزمان بالای آن‌هاست. این عوامل هم «دستکاری‌کننده» هستند و هم «وابسته» - به عبارت دیگر، تغییر در هر یک، سایر عوامل را تحت تأثیر قرار می‌دهد و خود نیز از آن‌ها تأثیر می‌پذیرد.
- عدم قطعیت‌های کلیدی: از بین این سه عامل، دو عامل «توسعه زیرساخت داده» و «امنیت سایبری» به دلیل ماهیت غیرخطی، پیش‌بینی‌ناپذیرتر و حساسیت بالاتر به تصمیمات انسانی و سیاست‌گذاری‌های کلان، به عنوان دو محور اصلی سناریوها انتخاب شدند.

استخراج عدم قطعیت‌های کلیدی (نتایج دلفی فازی)

بر اساس اجماع خبرگان در روش دلفی فازی (با ضریب توافق بالای ۰.۷۵ در دور سوم)، دو عدم قطعیت کلیدی که بیشترین ابهام و بیشترین اهمیت را برای آینده هوش مصنوعی در ورزش داشتند، عبارتند از: محور X (فناوری): سطح توسعه و یکپارچگی فناوری‌های هوش مصنوعی (از توسعه ضعیف و پراکنده تا پیشرفت انفجاری و یکپارچه)
محور Y (انسان و حکمرانی): سطح پذیرش سازمانی، اخلاقی و فرهنگی (از مقاومت بالا و بی‌اعتمادی تا پذیرش فراگیر و نهادینه‌شده)

تدوین سناریوهای آینده (نتایج سناریوپردازی)

با ترکیب دو عدم قطعیت کلیدی (محور X و محور Y)، سه سناریوی اصلی شکل گرفت که در ماتریس سناریو (شکل ۲) قابل ترسیم است.

- محور X: سطح توسعه و یکپارچگی فناوری‌های هوش مصنوعی در ورزش (از توسعه ضعیف تا پیشرفت انفجاری)
 - محور Y: سطح پذیرش سازمانی، اخلاقی و فرهنگی (از مقاومت بالا تا پذیرش فراگیر)
- سه سناریوی اصلی شکل گرفت (جدول ۵ و شکل ۲).

جدول ۵. سناریوهای آینده هوش مصنوعی در ورزش

ویژگی‌های کلیدی	محور پذیرش	محور فناوری	نام سناریو
یکپارچگی اخلاقی، امنیت داده، پیشگیری هدفمند آسیب، عدالت فناوریانه	بالا	بالا	ارتقای هوشمند پایدار (مطلوب)
شکاف دیجیتال، چالش‌های حقوقی و اخلاقی، تجاری‌سازی بی‌ضابطه	پایین	بالا	تحول شتاب‌زده و نابرابر (محتمل)
تداوم روش‌های سنتی، نقض داده، بی‌اعتمادی، توقف سرمایه‌گذاری	پایین	پایین	رکود فناوریانه و مقاومت انسانی (بحرانی)

شکل ۲. ماتریس سناریوهای آینده

سناریوی اول ارتقای هوشمند پایدار ✓ تمرین شخصی‌سازی شده ✓ پیش‌بینی آسیب با دقت ۹۰٪ ✓ امنیت + اخلاق	سناریوی سوم رکود فناوریانه و مقاومت انسانی ● تداوم روش‌های سنتی ● نقض داده‌ها ● بی‌اعتمادی
سناریوی دوم تحول شتاب‌زده و نابرابر ⚠ شکاف دیجیتال ⚠ تجاری‌سازی بی‌ضابطه ⚠ چالش‌های حقوقی	ثبات وضعیت موجود

با تلاقی این دو عدم قطعیت کلیدی، سه سناریوی اصلی شکل می‌گیرد که در ماتریس سناریو (شکل شماره ۲) قابل ترسیم است.

زیاد

۵-۴. شرح کامل سناریوهای شکل ۲:

سناریوی اول: ارتقای هوشمند پایدار (مطلوب) - ربع بالا راست

- وضعیت X: توسعه بالا و یکپارچه فناوری (پوشیدنی‌های دقیق، الگوریتم‌های قابل اعتماد)
- وضعیت Y: پذیرش بالا (قوانین اخلاقی شفاف، اعتماد ورزشکاران و مربیان)
- خصوصیات: پیش‌بینی آسیب با دقت $>90\%$ ، حریم خصوصی داده‌ها کاملاً رعایت می‌شود، فناوری به عنوان "دستیار هوشمند" عمل می‌کند.

سناریوی دوم: تحول شتاب‌زده و نابرابر (محتمل) - ربع پایین راست

- وضعیت X: توسعه بسیار سریع فناوری
 - وضعیت Y: پذیرش پایین (نهادها عقب‌اند، مقاومت فرهنگی وجود دارد)
 - خصوصیات: شکاف عمیق بین باشگاه‌های ثروتمند و فقیر، فروش غیرمجاز داده‌ها، ممنوعیت‌های دورزننده.
- سناریوی سوم: رکود فناورانه و مقاومت انسانی (بحرانی) - ربع بالا چپ
- وضعیت X: توسعه ضعیف و کند فناوری

سطح

توسعه

فناوری

کم

کم

سطح پذیرش اخلاقی و سازمانی

زیاد

- وضعیت Y: پذیرش بسیار پایین (بی‌اعتمادی کامل، حملات سایبری گسترده)
- خصوصیات: بازگشت به روش‌های سنتی، سرمایه‌گذاری متوقف می‌شود، ورزش از قافله تحول دیجیتال عقب می‌ماند.

سناریوی اول: ارتقای هوشمند پایدار (مطلوب)

در این سناریو، ورزش حرفه‌ای و همگانی شاهد یکپارچگی هماهنگ و اخلاق محور هوش مصنوعی است. حسگرهای پوشیدنی استاندارد، داده‌های بیومتریک نیروها را در بستری امن و با رضایت آگاهانه ورزشکاران جمع‌آوری می‌کنند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین نه تنها آسیب‌ها را با دقت بالای ۹۰٪ پیش‌بینی می‌کنند، بلکه برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی شده را با حفظ کرامت انسانی ارائه می‌دهند. نهادهای بین‌المللی ورزش، چارچوب‌های اخلاقی شفافی تدوین کرده‌اند و فناوری به عنوان «دستیار مربی هوشمند» عمل می‌کند، نه جایگزین او.

سناریوی دوم: تحول شتاب‌زده و نابرابر (محتمل)

پیشرفت‌های فناوری بسیار سریع‌تر از توان نهادهای قانون‌گذار رخ می‌دهد. باشگاه‌های ثروتمند با استفاده از تراشه‌های پیشرفته و الگوریتم‌های اختصاصی، فاصله خود را با سایرین افزایش می‌دهند (شکاف فناورانه). نگرانی‌های امنیت سایبری و

فروش غیرمجاز داده‌های ورزشکاران، اعتراضات گسترده را در پی دارد. برخی فدراسیون‌ها استفاده از برخی فناوری‌ها را ممنوع می‌کنند، اما این ممنوعیت‌ها به راحتی دور زده می‌شوند.

سناریوی سوم: رکود فناوریانه و مقاومت انسانی (بحرانی)

سوءاستفاده‌های اخلاقی و حملات سایبری گسترده به پایگاه‌های داده ورزشی، اعتماد عمومی را به شدت کاهش می‌دهد. مربیان و ورزشکاران به روش‌های سنتی بازمی‌گردند و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند ورزشی با کاهش مواجه می‌شود. قوانین سختگیرانه و بعضاً سلیقه‌ای، نوآوری را فلج می‌کند و ورزش از قافله تحولات دیجیتال عقب می‌ماند. برای هر یک از سه سناریو، مجموعه‌ای از نشانه‌های اولیه شناسایی شدند که می‌توانند به مدیران و سیاست‌گذاران کمک کنند تا مسیر حرکت به سمت هر سناریو را زودتر تشخیص داده و اقدامات پیش‌گیرانه انجام دهند.

جدول ۶. نشانه‌های اولیه شناسایی شده هر سناریو

سناریو	نشانه‌های اولیه هشداردهنده
ارتقای هوشمند پایدار	تصویب منشور اخلاقی هوش مصنوعی در ورزش توسط IOC؛ سرمایه‌گذاری در زیرساخت داده با مشارکت عمومی-خصوصی؛ راه‌اندازی برنامه‌های آموزشی AI برای مربیان
تحول شتاب‌زده و نابرابر	گزارش‌هایی از فروش غیرمجاز داده‌های بیومتریک ورزشکاران؛ اختلاف فاحش در فناوری‌های به‌کاررفته بین باشگاه‌های ثروتمند و فقیر؛ ممنوعیت‌های مکرر و بی‌نتیجه فناوری‌ها
رکود فناوریانه و مقاومت انسانی	افشای یک حمله سایبری بزرگ به پایگاه داده یک فدراسیون ورزشی؛ اتحادیه‌های ورزشکاران خواستار توقف کامل استفاده از پوشیدنی‌ها؛ خروج سرمایه‌گذاران از استارت‌آپ‌های ورزشی

بر اساس یافته‌ها، برای هر سناریو مجموعه‌ای از الزامات راهبردی تدوین شده است که در جدول ۷ مشخص شده است.

جدول ۷. الزامات راهبردی برای هر سناریو

سناریو

الزامات راهبردی برای ذی‌نفعان

سرمایه‌گذاری در آموزش سواد داده به مربیان و ورزشکاران؛ ایجاد استانداردهای ملی داده‌های ورزشی؛ توسعه همکاری‌های دانشگاه-صنعت-دولت	ارتقای هوشمند پایدار
ایجاد نهادهای نظارتی مستقل برای حریم خصوصی داده‌ها؛ تدوین قوانین مالیاتی برای کاهش شکاف فناوریانه؛ حمایت از پژوهش‌های اخلاق‌محور	تحول شتاب‌زده و نابرابر
بازسازی اعتماد از طریق شفافیت کامل؛ تدوین استانداردهای امنیت سایبری اجباری؛ سرمایه‌گذاری در روش‌های جایگزین کم‌فناوری اما مؤثر	رکود فناوریانه و مقاومت انسانی

بحث و نتیجه‌گیری:

یافته‌های این پژوهش به روشنی نشان داد که آینده هوش مصنوعی در ورزش، یک مسیر خطی، از پیش تعیین‌شده یا تک‌بعدی نیست، بلکه حاصل تعامل پیچیده، پویا و غیرخطی میان پیشرفت فناوری، سیاست‌گذاری هوشمندانه و پذیرش فرهنگی-سازمانی است. نتایج حاصل از روش دلفی فازی (با اجماع خبرگان بالای ۰.۷۵) و تحلیل اثرات متقابل با نرم‌افزار MicMac، سه پیشران کلیدی را معرفی کردند که بیشترین نقش را در شکل‌دهی به آینده این حوزه ایفا می‌کنند: (۱) توسعه زیرساخت داده‌های ورزشی و پلتفرم‌های پردازش امن، (۲) امنیت سایبری و حریم خصوصی داده‌های بیومتریک، و (۳) سرمایه‌گذاری در آموزش و تربیت نیروی انسانی متخصص هوش مصنوعی در ورزش.

این یافته‌ها با پژوهش‌های پیشین در حوزه آینده‌پژوهی مدیریت ورزشی و فناوری‌های نوین تا حد زیادی همسو و در عین حال دارای نوآوری‌های مهمی است. به عنوان مثال، یافته‌های یعقوبی و همکاران (۱۴۰۳) و جمشیدی و همکاران (۱۴۰۰) که بر نقش «آمادگی پذیرش فناوری» و «زیرساخت فنی» تأکید داشتند، در پژوهش حاضر تأیید می‌شود. با این حال، نوآوری اصلی پژوهش حاضر در برجسته‌سازی بعد امنیت زیستی-سایبر (Bio-Cyber Security) به عنوان یک مؤلفه مستقل، حیاتی و دارای عدم قطعیت بالا است. موضوعی که در پژوهش‌های پیشین کمتر به آن پرداخته شده است. این یافته نشان می‌دهد که در عصر تحول دیجیتال، «امنیت داده‌های بیومتریک ورزشکاران» دیگر یک مسئله فنی در سطح یک باشگاه نیست، بلکه به یک مسئله راهبردی در سطح حاکمیتی و بین‌المللی تبدیل شده است.

همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، مطالعات بین‌المللی نیز نشان می‌دهند که هوش مصنوعی نه تنها ابزاری برای بهبود عملکرد فردی ورزشکاران است، بلکه به طور بنیادین شیوه تصمیم‌گیری راهبردی در باشگاه‌ها، فدراسیون‌های ورزشی و حتی نهادهای

قانون گذار را متحول می کند (Pisaniello, 2024). به عبارت دیگر، هوش مصنوعی در ورزش از یک «فناوری عملیاتی (Operational Technology)» به یک فناوری راهبردی (Strategic Technology) ارتقاء یافته است. همچنین، یافته های Park و Chung (2025) مؤید آن است که ملاحظات اخلاقی در کاربرد هوش مصنوعی در ورزش شامل چهار حوزه اصلی است: (۱) حریم خصوصی داده های بیومتریک، (۲) شفافیت الگوریتم های تصمیم گیر، (۳) مسئولیت پذیری در قبال خطاهای سیستمی، و (۴) عدالت در دسترسی به فناوری های پیشرفته که یافته های پژوهش حاضر به طور کامل این چهار حوزه را پوشش می دهد و به ویژه بر دو حوزه اول و چهارم تأکید بیشتری دارد.

همانطور که در شکل شماره ۱ (صفحه پراکندگی متغیرها) مشاهده شد، سه پیشران کلیدی، زیرساخت داده، امنیت سایبری و سرمایه انسانی، نه تنها بیشترین تأثیرگذاری را بر سیستم دارند، بلکه خود نیز بیشترین تأثیرپذیری را از سایر متغیرها می پذیرند. این ویژگی (دووجهی بودن) به این معناست که این سه عامل، «اهرم های راهبردی» اصلی برای مداخله و جهت دهی به آینده هستند. اما نکته حائز اهمیت، فاصله معنادار بین توسعه صرف فناوری و پذیرش اخلاقی و نهادی است. داده های کیفی و کمی این پژوهش نشان می دهد که در حالی که فناوری های سخت افزاری و نرم افزاری با سرعت نمایی در حال پیشرفت هستند، نهادهای قانون گذار، چارچوب های اخلاقی و فرهنگ سازمانی (حلقه «انسان و حکمرانی») با تأخیر قابل ملاحظه ای همراهی می کنند.

شکل شماره ۲ (ماتریس سناریوها) به خوبی نشان می دهد که آینده ورزش هوشمند، لزوماً و به طور خودکار به سمت مطلوب ترین نقطه (ربع بالا راست: سناریوی ارتقای هوشمند پایدار) حرکت نمی کند. تحلیل داده های حاضر نشان می دهد که ورزش حرفه ای جهان هم اکنون در آستانه سناریوی دوم (ربع پایین راست: تحول شتاب زده و نابرابر) قرار دارد: فناوری با سرعت سرسام آوری در حال توسعه است، اما چارچوب های اخلاقی، قوانین بین المللی و مکانیسم های نظارتی با تأخیر قابل ملاحظه ای همراهی می کنند. نشانه های اولیه این سناریو (مانند فروش غیرمجاز داده های بیومتریک، اختلاف فاحش فناوریانه بین باشگاه های ثروتمند و فقیر، و ممنوعیت های بی نتیجه فناوری ها) هم اکنون در برخی لیگ های ورزشی پول محور قابل مشاهده است.

سناریوی مطلوب (ارتقای هوشمند پایدار، ربع بالا راست): این سناریو نشان می دهد که اگر سیاست گذاران، مدیران ورزشی و نهادهای بین المللی بتوانند همگام با توسعه فناوری، چارچوب های اخلاقی، حقوقی و نظارتی را نیز به بلوغ برسانند، هوش مصنوعی به «بازوی قدرتمند توانمندسازی ورزشکاران» تبدیل خواهد شد. در این سناریو، عدالت فناوریانه برقرار است و ورزشکاران در سطوح مختلف از مزایای هوش مصنوعی بهره مند می شوند. این سناریو مستلزم سرمایه گذاری متوازن در هر سه پیشران کلیدی (زیرساخت، امنیت، و سرمایه انسانی) است.

سناریوی محتمل (تحول شتاب زده و نابرابر، ربع پایین راست): این سناریو وضعیتی است که هم اکنون نشانه هایی از آن در برخی ورزش های پول محور مانند فوتبال حرفه ای اروپا، بسکتبال NBA و لیگ های بزرگ آمریکایی دیده می شود. در این سناریو، «شکاف دیجیتالی» عمیق می شود، عدالت در رقابت به شدت تهدید می گردد و اعتماد عمومی به فناوری های هوشمند

کاهش می‌یابد. بدون مداخله راهبردی و سیاست‌گذاری هوشمندانه، محتمل‌ترین آینده برای ورزش جهانی همین سناریو خواهد بود.

سناریوی بحرانی (رکود فناورانه و مقاومت انسانی، ربع بالا چپ): این سناریو یک «هشدار جدی» است برای غفلت از مؤلفه‌های اعتماد، امنیت و مشارکت انسانی. اگر فجایع اخلاقی یا امنیتی (مانند افشای گسترده داده‌های بیومتریک هزاران ورزشکار یا اثبات سوگیری سیستماتیک الگوریتمی علیه گروه خاصی از ورزشکاران) رخ دهد، اعتماد عمومی به طور کامل از بین می‌رود و سرمایه‌گذاری در این حوزه متوقف می‌شود. در این سناریو، ورزش حرفه‌ای از قافله تحول دیجیتال در سایر صنایع عقب می‌ماند. اگرچه این سناریو در حال حاضر کمتر محتمل به نظر می‌رسد، اما با توجه به سرعت پیشرفت فناوری و ضعف نهادهای نظارتی، نمی‌توان آن را نادیده گرفت.

بر اساس یافته‌های این پژوهش و به منظور حرکت از وضعیت فعلی (نزدیک به سناریوی دوم) به سمت سناریوی مطلوب (ارتقای هوشمند پایدار)، مجموعه پیامدهای کاربردی و سیاستی زیر برای ذی‌نفعان مختلف (وزارت ورزش، کمیته ملی المپیک، فدراسیون‌های ورزشی، باشگاه‌ها، دانشگاه‌ها و نهادهای قانون‌گذار) تدوین شده است:

جدول ۸. مجموعه پیامدهای کاربردی و سیاستی

مخاطب اصلی	پیامد کاربردی / سیاستی	دسته
وزارت ورزش، کمیته ملی المپیک، فدراسیون‌ها	طراحی و اجرای استانداردهای امنیت داده ورزشی: نهادهای حاکمیتی باید پروتکل‌های الزام‌آوری برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، پردازش و مبادله داده‌های بیومتریک ورزشکاران تدوین کنند.	استانداردها و پروتکل‌ها
نهادهای بین‌المللی، وزارت ورزش	تدوین منشور اخلاق جهانی هوش مصنوعی در ورزش با همکاری نهادهای بین‌المللی (IOC, FIFA, UNESCO) و الزام به رعایت اصول شفافیت، مسئولیت‌پذیری و عدالت.	قانون و حکمرانی
وزارت علوم، دانشگاه‌های علوم ورزشی	سرمایه‌گذاری هدفمند در آموزش‌های میان‌رشته‌ای و راه‌اندازی دوره‌های تخصصی «علوم داده ورزشی (Sports Data Science)» در دانشگاه‌های علوم ورزشی برای تربیت نسل جدیدی از مدیران، مربیان و تحلیلگران ورزشی.	آموزش و توانمندسازی

مخاطب اصلی	پیامد کاربردی / سیاستی	دسته
صندوق حمایت از پژوهش، فدراسیون‌ها	حمایت از پروژه‌های پایلوت اخلاق محور که هوش مصنوعی را برای پیش‌بینی آسیب، سلامت روان ورزشکاران و شخصی سازی تمرین، در چارچوب رضایت آگاهانه و شفافیت کامل به کار می‌گیرند.	پژوهش و نوآوری
قوه مقننه، وزارت ورزش	ایجاد نهاد نظارتی مستقل برای حریم خصوصی داده‌های ورزشی با قدرت بازرسی، جریمه و صدور مجوز.	نظارت و ارزیابی

حرکت از وضعیت فعلی (نزدیک به سناریوی دوم «تحول شتاب‌زده و نابرابر») به سمت سناریوی مطلوب (ارتقای هوشمند پایدار)، نیازمند طراحی و اجرای هماهنگ سه راهبرد اساسی و به هم پیوسته است:

۱. راهبرد امنیت و استانداردسازی: ایجاد گواهینامه‌ها و استانداردهای الزام‌آور امنیت داده ورزشی برای مقابله با تهدیدات سایبری و حفظ حریم خصوصی ورزشکاران.
 ۲. راهبرد حکمرانی اخلاقی: تدوین منشور اخلاق جهانی هوش مصنوعی در ورزش توسط نهادهای بین‌المللی با همکاری IOC، UNESCO و فدراسیون‌های جهانی برای مقابله با شکاف اخلاقی و تضمین شفافیت و عدالت.
 ۳. راهبرد سرمایه انسانی: سرمایه‌گذاری هدفمند و بلندمدت در آموزش‌های میان‌رشته‌ای و تربیت نسل جدیدی از مدیران، مربیان و تحلیلگرانی که هم به علوم ورزشی و هم به داده‌کاوی و اخلاق فناوری مسلط باشند.
- تأکید می‌شود که بدون اجرای هماهنگ این سه راهبرد، سناریوی دوم (تحول شتاب‌زده و نابرابر) محتمل‌ترین آینده برای ورزش جهانی خواهد بود و سناریوی سوم (رکود فناوریانه و مقاومت انسانی)، هرچند در حال حاضر کمتر محتمل است ولی در صورت بروز فجایع اخلاقی یا امنیتی در مقیاس بزرگ، به هیچ وجه دور از انتظار نیست.
- در پایان، این واقعیت را باید پذیرفت که دنیای ورزش در مواجهه با هوش مصنوعی با یک دوگانگی راهبردی روبروست: از یک سو، توقف یا انکار این موج تحول دیجیتال دیگر ممکن و معقول نیست، زیرا هوش مصنوعی به بخش جدایی‌ناپذیر از زیست‌بوم ورزش حرفه‌ای و همگانی تبدیل خواهد شد. از سوی دیگر، پذیرش بدون قید و شرط و بدون چارچوب آن نیز می‌تواند به پیامدهای ناگواری از جمله نقض حریم خصوصی، بی‌عدالتی در رقابت و فرسایش اعتماد عمومی منجر شود. آنچه مسلم است، انتخاب مسیری هوشمندانه، انسانی، اخلاق محور و آینده‌نگرانه در میان سناریوهای پیش رو، بزرگ‌ترین مسئولیت و فرصت پیش روی مدیران، سیاست‌گذاران و پژوهشگران حوزه مدیریت ورزشی در دهه آینده است.
- ورزش می‌تواند به راحتی و با چشمان بسته به آینده قدم بگذارد، غافل از تأثیری که هوش مصنوعی نه تنها بر خود ورزش‌ها، بلکه بر مدل‌های کسب و کار، روابط قدرت، ساختارهای حقوقی و حتی معنا و مفهوم «رقابت منصفانه» خواهد داشت. با می‌تواند با واقعیت روبرو شود، آگاهانه و پیش‌دستانه عمل کند و با آغوش باز هوشمندانه و توأم با چارچوب به دنبال ایفای

نقشی فعال در شکل دهی به آن آینده و تأثیرگذاری بر آن باشد یا مقاومت ایستا و انفعالی داشته باشد. این همان انتخاب راهبردی است که سرنوشت توانمندی های ورزشی آینده را تعیین خواهد کرد.

محدودیت ها و پژوهش های آینده

پژوهش حاضر با وجود تلاش برای رعایت دقیق استانداردهای روش شناختی، با محدودیت هایی مواجه بود که شفاف سازی آن ها برای ارزیابی صحیح یافته ها ضروری است:

۱. دسترسی محدود به داده های محرمانه و طبقه بندی شده برخی فدراسیون های بین المللی ورزشی (به ویژه در حوزه داده های بیومتریک دقیق ورزشکاران نخبه) وجود داشت.
۲. چالش در هماهنگی زمانی میان ۱۸ خبره از سه حوزه تخصصی متفاوت (هوش مصنوعی، علوم ورزشی و مدیریت راهبردی) که منجر به طولانی تر شدن فرآیند دلفی شد.
۳. به دلیل ماهیت آینده محور و اکتشافی پژوهش، امکان اعتبارسنجی تجربی-طولی سناریوها در یک بازه زمانی کوتاه وجود نداشت.
۴. اگرچه خبرگان دارای تجربیات بین المللی بودند، تمرکز اصلی پژوهش بر بافت ایران بود و تعمیم یافته ها به سایر کشورها (با سطوح متفاوت توسعه فناوری و حکمرانی) نیازمند احتیاط است.

پیشنهاد به پژوهشگران آینده

- بر اساس یافته ها و محدودیت های این پژوهش، مسیرهای ارزشمندی برای تحقیقات آتی پیشنهاد می شود:
۱. مطالعات تطبیقی بین المللی (Comparative Studies): انجام پژوهش های تطبیقی برای مقایسه الگوهای حکمرانی هوش مصنوعی در ورزش کشورهای پیشرو (ایالات متحده، چین، انگلستان، کشورهای اسکاندیناوی) با کشورهای در حال توسعه، به منظور شناسایی بهترین شیوه ها و درس آموخته ها.
 ۲. پژوهش های تجربی-طولی: طراحی و اجرای پژوهش های تجربی و طولی که پیاده سازی سناریوی مطلوب (ارتقای هوشمند پایدار) را در یک فدراسیون ورزشی خاص (مثلاً فوتبال، دوومیدانی یا شنا) طی یک دوره چندساله مورد آزمون قرار دهند.
 ۳. طراحی مدل های ارزیابی اثربخشی (KPI Development): طراحی و اعتباریابی شاخص های کلیدی عملکرد (KPIs) برای سنجش میزان پیشرفت به سمت سناریوی مطلوب در فدراسیون های ورزشی و باشگاه ها.
 ۴. مطالعات کیفی عمیق درباره مقاومت های فرهنگی: بررسی عمیق و چندلایه علل مقاومت مربیان سنتی و ورزشکاران در برابر پذیرش فناوری های هوشمند با استفاده از روش های کیفی مانند نظریه زمینه ای (Grounded Theory) یا پدیدارشناسی.

۵. پژوهش‌های حقوقی و اخلاقی: بررسی دقیق چالش‌های حقوقی مالکیت داده‌های بیومتریک ورزشکاران و تدوین چارچوب‌های قانونی پیشنهادی برای نظام حقوقی ورزش ایران.

در نهایت، آغوش باز هوشمندانه، آگاهانه و اخلاق‌محور، نه مقاومت انفعالی و نه پذیرش ساده‌انگارانه، سرنوشت توانمندی‌های ورزشی آینده را تعیین خواهد کرد. آنچه مسلم است، توقف یا انکار این موج تحول دیجیتال دیگر ممکن نیست؛ آنچه ممکن است، انتخاب مسیری هوشمندانه، انسانی، عادلانه و اخلاق‌محور در میان سناریوهای پیش روست. پژوهش حاضر تلاش کرد تا نقشه‌ای از آینده‌های محتمل، ممکن و مطلوب پیش روی مدیران و سیاست‌گذاران ورزشی قرار دهد. اکنون، مسئولیت انتخاب و حرکت بر عهده آن‌هاست.

منابع

- [1] Brady, C., Tuyls, K., & Omidshafiei, S. (2024). *Artificial intelligence for sports*. CRC Press.
- [2] An, R. (Ed.). (2025). Applications of artificial intelligence in sport, physical activity, and health [Special issue]. *Journal of Sport and Health Science*, 14(4). <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-sport-and-health-science/about/special-topics/applications-of-artificial-intelligence-in-sport-physical-activity-and-health>
- [3] Jamshidi, H., Shiravi Pour, S., & Keshavarz Tork, A. (2021). Imaging the future of human resources of Qazvin municipality with emphasis on electronic governance through scenario planning. *Journal of Future Cities Perspective*, 2(4), 99-115. (In Persian).
- [۴] da Silva Nascimento, L., Reichert, F. M., Janissek-Muniz, R., & Zawislak, P. A. (2020). Dynamic interactions among knowledge management, strategic foresight and emerging technologies. *Journal of Knowledge Management*.
- [5] Schwartz, P. (1996). *The art of the long view: Paths to strategic insight for yourself and your company*. Currency Doubleday.
- [6] Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- [7] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>
- [8] Xu, T., & Baghaei, S. (2025). Reshaping the future of sports with artificial intelligence: Challenges and opportunities in performance enhancement, fan engagement, and strategic decision-making. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 142, 109912. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109912>
- [9] Sharafi, E., Sharafi Dehrahm, F., & Hasanvand, B. (2026). A systematic review of artificial intelligence applications in women's exercise physiology: Potentials, challenges, and future directions. *Journal of Motor and Behavioral Sciences*, 9(1), 1-15. <https://doi.org/10.22034/jmbs.2025.528098.1260> (In Persian).
- [10] Yaghoubi, S. R., Nourbakhsh, M., Kahandel, M., & Khalifeh, S. N. (2021). *Analysis and foresight of artificial intelligence scenarios in Iran's sports industry*. Civilica. <https://civilica.com/doc/2553375> (In Persian).
- [11] Golmohammadi, H., & Pashaie, S. (2025). The evolution of artificial intelligence in sports. *Journal of Sport Management Knowledge*, 2(2), 1-13. <https://doi.org/10.22034/jsmk.2025.66054.1093> (In Persian).
- [12] Kiani, M. S. (2024). An in-depth look at the future of sports with artificial intelligence, virtual reality, and data visualization to improve athlete performance analysis. *Intelligent Knowledge Exploration and Processing*, 4(12), 8-35. <https://doi.org/10.30508/kdip.2024.451951.1100> (In Persian).

- [13] Fathi, R., Maleki, M. H., Saberi, A., & Zandagahi, A. (2020). Scenario planning of university sports of Iran based on future study approach. *Sport Management and Development*, 9(3), 72-92. <https://doi.org/10.22124/jsmd.2020.4376> (In Persian).
- [14] Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- [15] Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- [16] Godet, M., & Durance, P. (2011). *Strategic foresight for corporate and regional development*. UNESCO.
- [17] Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
- [18] Ponce-Bordon, J. C., López del Campo, R., Resta, R., & Lago-Peñas, C. (2024). Performance and healthcare analysis in elite sports teams using artificial intelligence: A scoping review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1383723. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1383723>
- [19] Pisaniello, A. (2024). The game changer: How artificial intelligence is transforming sports performance and strategy. *GSSF Journal*, 4(1), 75-84. <https://doi.org/10.2478/gssfj-2024-0006>
- [20] Park, S., & Chung, K. (2025). Ethical implications of artificial intelligence in sport: A systematic scoping review. *Journal of Sport and Health Science*, 14(4), 100-115. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2025.01.001>
- [2۱] Zhou, D., Keogh, J. W. L., Ma, Y., Tong, R. K. Y., Khan, A. R., & Jennings, N. R. (2025). Artificial intelligence in sport: A narrative review of applications, challenges and future trends. *Journal of SportsSciences*, *1-16*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2518694>

Future scenario planning for artificial intelligence in improving sports capabilities

1.Farshad Yavarifard*, 2.Ali Majdara.3. Huossin Omidi.4. Hamid Omidi

1.PHD of Sports Management, Urmia University, urmia, Iran

2.PHD of Sports Management , Army Physical Education Organization, Tehran, Iran

3.PHD of Sports Management, Army Physical Education Organization, Tehran, Iran

4.PHD of Sports Management, Imam Ali Military Academy, Tehran, Iran

Abstract:

Nowadays, artificial intelligence and modern technologies have become one of the main drivers of transformation in sports. However, numerous uncertainties in the development path of these technologies have made strategic planning challenging. This study aims to envision future scenarios of artificial intelligence in enhancing athletic capabilities using a futures studies approach. In terms of purpose, this research is applied-developmental, and in terms of nature, it is descriptive-analytical. A mixed-method approach with a dominant sequential exploratory strategy was employed. First, using thematic analysis and interviews with 18 experts from the three fields of artificial intelligence, sports sciences, and military studies, the key factors and drivers were identified. Then, using the fuzzy Delphi method and cross-impact analysis with MicMac software, key uncertainties were determined. Finally, plausible scenarios were developed using the GBN (Global Business Network) method. Three drivers, "development of sports data infrastructure," "cybersecurity and privacy of biometric data," and "investment in specialized human resource training (sports futures studies)"—have the greatest influence and uncertainty. Based on the interaction of these two key uncertainties (level of technological development and level of organizational/human acceptance), three main scenarios were formulated: ۱) Sustainable smart enhancement (desirable scenario). ۲) Accelerated and uneven transformation (probable scenario). ۳) Technological stagnation and human resistance (critical scenario). future of AI-based athletic capabilities depends on the triadic interaction of "technology–human–governance." Moving toward the desirable scenario requires targeted investment in secure data infrastructure, the development of transparent ethical and legal frameworks, and the training of human resources at the intersection of artificial intelligence and sports sciences.

Keywords: Futures studies, Scenario planning, Artificial intelligence, Athletic capabilities, Technology

* Correspondence: fyavarifard@gmail.com

صفحات ۶۲-۷۴

بررسی اثر هم افزای تمرین مقاومتی و آلیسین بر مهار گلوکونئوزنر کبدی از طریق تعدیل

فسفوریل اسیون AKT و مهار فاکتور رونویسی FOXO1

دانیال اسداللهی سهی^{۱*}، بهاره یزدان پرست چهارمحالی^۲

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

۲. استادیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا

چکیده:

گلوکونئوزنر بیش فعال کبدی یکی از عوامل اصلی ایجاد هیپرگلیسمی در دیابت نوع ۲ و سندرم متابولیک است. مسیر پیام رسانی فسفاتیدیل اینوزیتول ۳-کیناز/پروتئین کیناز B با فسفریل اسیون عامل رونویسی پروتئین جعبه سرچنگالی O1، نقش مهمی در مهار بیان ژن های گلوکونئوزنیک، از جمله فسفونئول پیرووات کربوکسی کیناز و گلوکز-۶-فسفاتاز، دارد. در این پژوهش، ۴۰ سر موش به طور تصادفی در پنج گروه شامل کنترل سالم، کنترل دیابتی، دیابتی دریافت کننده تمرین مقاومتی، دیابتی دریافت کننده آلیسین و دیابتی دریافت کننده تمرین مقاومتی همراه با آلیسین تقسیم شدند. دیابت نوع ۲ با استفاده از رژیم غذایی پرچرب و تزریق استریتوزوتوسین القا شد. گروه های تمرینی به مدت هشت هفته در برنامه تمرین مقاومتی شرکت کردند و آلیسین نیز به صورت روزانه تجویز شد. در پایان مداخله، نمونه های بافت کبد برای بررسی بیان ژن، سطوح پروتئین و ارزیابی بافت شناختی جمع آوری شدند. نتایج نشان داد تمرین مقاومتی به تنهایی موجب افزایش فسفریل اسیون پروتئین کیناز B و کاهش بیان فسفونئول پیرووات کربوکسی کیناز و گلوکز-۶-فسفاتاز شد. آلیسین نیز موجب بهبود متابولیسم گلوکز و کاهش التهاب کبدی گردید. مداخله ترکیبی افزایش بیشتری در نسبت پروتئین کیناز B فسفریله شده به پروتئین کیناز B کل و کاهش معنادارتری در سطوح هسته ای پروتئین جعبه سرچنگالی O1 و بیان ژن های گلوکونئوزنیک ایجاد کرد. همچنین، کاهش گلوکز خون ناشتا و مقاومت به انسولین در گروه ترکیبی بیشتر بود. در مجموع، ترکیب تمرین مقاومتی و آلیسین، احتمالاً از طریق تقویت فعال سازی پروتئین کیناز B و افزایش فسفریل اسیون و خروج هسته ای پروتئین جعبه سرچنگالی O1، می تواند مهار مؤثرتری بر گلوکونئوزنر کبدی ایجاد کند و به عنوان یک رویکرد غیردارویی مکمل در مدیریت دیابت نوع ۲ مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: فسفریل اسیون، پروتئین کیناز B، گلوکونئوزنر کبدی، FOXO1 AKT، التهاب کبدی.

* ایمیل نویسنده مسئول: daaniyaaaal76@gmail.com

مقدمه

دیابت نوع ۱^۲ به عنوان یک اپیدمی جهانی، سالانه با افزایش چشمگیر بار بیماری‌زایی^۲ و مرگ‌ومیر^۳ همراه است. هیپرگلیسمی مزمن در این بیماری نه تنها از کاهش جذب گلوکز در بافت‌های محیطی ناشی می‌شود (ژو^۴ و همکاران، ۲۰۲۶)، بلکه تولید بیش‌ازحد گلوکز توسط کبد (HGP) نقش محوری در ایجاد قندخون ناشتای بالا دارد (وو^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). در شرایط فیزیولوژیک، انسولین از طریق آبشار سیگنالینگ PI3K/AKT، فاکتور رونویسی پروتئین جعبه سرچنگالی FOXO^۶ را در باقی‌مانده‌های Thr24 و Ser256 فسفوریل کرده و با القای اتصال پروتئین ۱۴-۳، آن را از هسته به سیتوپلاسم منتقل می‌سازد (چن^۷ و همکاران، ۲۰۲۶). این جابه‌جایی موجب خاموش‌سازی رونویسی ژن‌های کلیدی گلوکونئوزنیک نظیر PEPCCK (فسفونئول پیروات کربوکسی‌کیناز) و G6Pase (گلوکز-۶-فسفاتاز) می‌گردد (مولر^۸ و همکاران، ۲۰۲۲). با این حال، در مقاومت انسولینی کبدی، اختلال در فسفوریلاسیون AKT، ماندگاری هسته‌ای FOXO1 را افزایش داده و بیان ژن‌های گلوکونئوزنیک را تشدید می‌کند (خمدان^۹ و بارتلت، ۲۰۲۶). به تازگی، نقش کیناز DYRK1B که در کبد موش‌های دیابتی القا می‌شود، جلب توجه کرده است؛ این کیناز از یک سو با فسفوریلاسیون FOXO1 در Thr467/Ser468، مانع از فسفوریلاسیون مهارکننده آن توسط AKT می‌شود و از سوی دیگر، فعالیت AKT را مستقیماً کاهش می‌دهد و در نتیجه چرخه‌ای از افزایش گلوکونئوزن را پدید می‌آورد (ذوالفقاری^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۶). از این رو، شناسایی راهکارهایی که بتوانند هم‌زمان بر فسفوریلاسیون AKT بیفزایند و فعالیت FOXO1 را مهار کنند، به عنوان یک هدف درمانی راهبردی در T2DM مطرح است (لی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۵). در این میان، تولید بیش‌ازحد گلوکز توسط کبد (HGP) از طریق مسیر گلوکونئوزن، سهم عمده‌ای در ایجاد هیپرگلیسمی ناشتا دارد (میاو^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۵). در شرایط فیزیولوژیک، انسولین از طریق آبشار سیگنالینگ PI3K/AKT، فاکتور رونویسی FOXO1 را فسفوریل کرده و موجب انتقال آن از هسته به سیتوپلاسم و در نتیجه مهار رونویسی ژن‌های کلیدی گلوکونئوزنیک نظیر PEPCCK (فسفونئول پیروات کربوکسی‌کیناز) و G6Pase (گلوکز-۶-فسفاتاز) می‌شود (کیتازاوا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۷). با این حال، در مقاومت انسولینی، این مسیر دچار اختلال شده و FOXO1 در هسته باقی می‌ماند و بیان ژن‌های گلوکونئوزنیک را افزایش می‌دهد (گائو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۶).

تمرین مقاومتی (RT) به عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی تمرینات ورزشی، فراتر از افزایش قدرت و توده عضلانی، اثرات عمیقی بر بازسازی حساسیت انسولینی و تنظیم متابولیسم کبدی دارد (شرفی‌فرد^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۵). برخلاف تمرینات هوازی که بیشتر

¹ T2DM

² Morbidity

³ Mortality

⁴ Xu

⁵ Wu

⁶ FOXO1

⁷ Chen

⁸ Muller

⁹ Khamdan

¹⁰ Zolfaghari

¹¹ Li

¹² Miao

¹³ Kitazawa

¹⁴ Gao

¹⁵ Sharafifard

بر اکسیداسیون اسیدهای چرب تأکید دارند (ایزدی^۱ و همکاران، ۲۰۲۵)، تمرین مقاومتی از طریق انقباضات پویا با شدت بالا، سبب افزایش بیان گیرنده‌های انسولین و فسفوریلاسیون پروتئین‌های کلیدی در مسیر IRS-1/PI3K/AKT در کبد می‌شود (احمدیان^۲ و همکاران، ۲۰۲۵). شواهد جدید نشان می‌دهند که RT کوتاه‌مدت (۶-۸ هفته) در مدل‌های دیابتی، نه تنها سبب افزایش فسفوریلاسیون FOXO1 و کاهش بیان PEPCK و G6Pase می‌گردد، بلکه با کاهش استرس شبکه آندوپلاسمی و تعدیل میکروبیوم روده، التهاب کبدی را نیز مهار می‌کند (دا کوستا فرناندس^۳ و همکاران، ۲۰۲۶). با این وجود، شدت و نوع تمرین، زمان‌بندی و تعامل آن با سایر مداخلات تغذیه‌ای هنوز نیازمند کاوش بیشتری است (پیرا^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که DYRK1B، یک کیناز که در کبد موش‌های دیابتی القا می‌شود، با فسفوریلاسیون FOXO1 در باقی‌مانده‌های Thr467/Ser468 و همچنین مهار فسفوریلاسیون AKT-mediated در Thr24/Ser256، ماندگاری هسته‌ای FOXO1 را افزایش داده و گلوکونئوژنز را تشدید می‌کند (دنگ^۵ و همکاران، ۲۰۲۵). بر این اساس، استراتژی‌هایی که بتوانند فسفوریلاسیون AKT را افزایش داده و فعالیت FOXO1 را مهار کنند، اهداف درمانی ارزشمندی در T2DM محسوب می‌شوند (چو هان^۶ و همکاران، ۲۰۲۵). تمرین مقاومتی به عنوان یک مداخله غیردارویی مؤثر، با افزایش حساسیت انسولینی و بهبود سیگنالینگ AKT در کبد، موجب کاهش بیان ژن‌های گلوکونئوژنیک می‌شود (دنگ و همکاران، ۲۰۲۵). در یک مطالعه، ۶ هفته تمرین مقاومتی در موش‌های دیابتی نوع ۲ باعث افزایش معنی‌دار انسولین سرم ($P = 0.043$) و کاهش معنی‌دار بیان PEPCK ($P = 0.001$)، G6Pase ($P = 0.001$) و HNF4α ($P = 0.011$) گردید. همچنین، تمرین مقاومتی کوتاه‌مدت در موش‌های چاق، فسفوریلاسیون FOXO1 کبدی را افزایش داده و محتوای PEPCK و G6Pase را کاهش می‌دهد (لیو^۷ و همکاران، ۲۰۲۵).

در کنار مداخلات ورزشی، ترکیبات زیست‌فعال با منشأ گیاهی به دلیل عوارض جانبی کمتر و پتانسیل هم‌افزایی، توجه گسترده‌ای یافته‌اند (وانگ^۸ و همکاران، ۲۰۲۵). آلیسین، تیولات اصلی سیر^۹، با ساختار حاوی گوگرد، نه تنها یک آنتی‌اکسیدان قوی محسوب می‌شود، بلکه از طریق چندین مکانیسم مولکولی، هموستاز گلوکز را بهبود می‌بخشد (نعیمی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۵). آلیسین با فعال‌سازی AMPK، افزایش بیان GLUT4، و مهار مسیرهای التهابی NF-κB و JNK، مقاومت انسولینی کبدی را کاهش می‌دهد (مونتالوو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۵). همچنین، آلیسین با مهار آنزیم‌های کاتابولیک کبدی و افزایش نسبت NAD⁺/NADH، زمینه را برای فسفوریلاسیون AKT فراهم می‌آورد (ژانگ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۰). جالب توجه اینکه، آلیسین با تعدیل ترکیب میکروبیوتای روده و افزایش جمعیت باکتری‌های مفید نظیر Bacteroides acidifaciens، از طریق محور روده-کبد، مسیرهای التهابی و استرس اکسیداتیو کبد را مهار کرده و بدین ترتیب غیرمستقیم به بهبود سیگنالینگ انسولین

¹ Eizadi

² Ahmadian

³ da Costa Fernandes

⁴ Pereira

⁵ Deng

⁶ Chauhan

⁷ Liu

⁸ Wang

⁹ Allium sativum

¹⁰ Naeimi

¹¹ Montalvo

¹² Zhang

کمک می‌کند (چن^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). هرچند هر یک از این دو مداخله (تمرین مقاومتی و آلیسین) به تنهایی تأثیرات مثبتی بر مهار گلوکونئوز نشان داده‌اند، اما نکته مهم آن است که مسیرهای مولکولی تحت تأثیر آن‌ها تا حد زیادی مجزا و مکمل یکدیگر هستند؛ تمرین مقاومتی عمدتاً از طریق افزایش فسفوریلاسیون AKT و کاهش استرس مکانیکی کبد عمل می‌کند، درحالی‌که آلیسین با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، مقاومت انسولینی را در سطح گیرنده و پس‌ازگیرنده تعدیل می‌نماید (ه^۲ و همکاران، ۲۰۲۶). از این‌رو، این فرضیه مطرح می‌شود که ترکیب این دو مداخله می‌تواند با ایجاد یک اثر هم‌افزایی واقعی^۳، از طریق تقویت دوگانه فسفوریلاسیون AKT و مهار پایدارتر FOXO1، کنترل قوی‌تری بر گلوکونئوز کبدی اعمال کند (ایشی‌گورو^۴ و همکاران، ۲۰۲۵). با وجود مطالعات جداگانه متعدد، تاکنون هیچ پژوهشی به بررسی اثر هم‌زمان تمرین مقاومتی و آلیسین بر محور AKT/FOXO1 در کبد در شرایط دیابت نوع ۲ نپرداخته است.

از سوی دیگر، آلیسین، ترکیب زیست‌فعال اصلی سیر (Allium sativum)، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تعدیل‌کننده متابولیسم گلوکز است (کراسوفسکایا^۵ و همکاران، ۲۰۲۵؛ بایک^۶ و همکاران، ۲۰۲۵). مطالعات نشان داده‌اند که آلیسین با تعدیل مسیر PI3K/AKT و بهبود متابولیسم گلوکز، التهاب کبدی را کاهش می‌دهد. آلیسین همچنین با افزایش باکتری‌های مفید روده مانند Bacteroides acidifaciens، هموستاز گلوکز را بهبود می‌بخشد (شو^۷ و یو، ۲۰۲۴). با این وجود، تاکنون مطالعه‌ای به بررسی اثر هم‌افزایی تمرین مقاومتی و آلیسین بر مسیر AKT/FOXO1 در مهار گلوکونئوز کبدی نپرداخته است.

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر هم‌افزایی تمرین مقاومتی و آلیسین بر مهار گلوکونئوز کبدی از طریق تعدیل فسفوریلاسیون AKT و مهار فاکتور رونویسی FOXO1 در مدل موش‌های صحرایی دیابتی نوع ۲ می‌باشد، یا به عبارت دیگر ارزیابی اثر هم‌افزایی ترکیب تمرین مقاومتی و مکمل‌یابی آلیسین بر فسفوریلاسیون AKT، توزیع زیرسلولی FOXO1، و بیان ژن‌های کلیدی گلوکونئوزیک در مدل موش‌های صحرایی دیابتی نوع ۲ می‌باشد.

۲ مواد و روش‌ها

۲-۱ طراحی مطالعه و گروه‌بندی حیوانات

۴۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار (۴-۶ هفته، وزن 180 ± 20 گرم) از انستیتو پاستور ایران تهیه شدند. حیوانات در شرایط استاندارد (دمای 22 ± 2 درجه سانتی‌گراد، چرخه نوری ۱۲ ساعته روشنایی/تاریکی) با دسترسی آزاد به آب و غذا نگهداری شدند. پس از یک هفته سازگاری، حیوانات به‌طور تصادفی به پنج گروه (n = 8) تقسیم شدند:

۱. کنترل سالم (Non-Diabetic): رژیم استاندارد + بدون مداخله.
۲. دیابتی کنترل (Diabetic Control): رژیم پرچرب + STZ + بدون مداخله.
۳. دیابتی + تمرین مقاومتی (D+RT): رژیم پرچرب + STZ + تمرین مقاومتی.

¹ Chen

² He

³ synergistic

⁴ Ishiguro

⁵ Krassovskaia

⁶ Baik

⁷ Xu

۴. دیابتی + آلیسین (D + Allicin): رژیم پرچرب + STZ + آلیسین.
 ۵. دیابتی + تمرین مقاومتی + آلیسین (D+RT+Allicin): رژیم پرچرب + STZ + تمرین مقاومتی + آلیسین.

۲-۲ القای دیابت نوع ۲

برای القای دیابت نوع ۲، حیوانات به مدت ۴ هفته از رژیم پرچرب (HFD؛ شامل ۶۰٪ کالری از چربی) تغذیه کردند. سپس، تزریق درون صفاقی استرپتوزوتوسین (STZ; Sigma-Aldrich) با دوز ۳۵ mg/kg (حل شده در بافر سیترات ۰/۱ مولار، pH=4) انجام شد. پس از ۷۲ ساعت، گلوکز خون ناشتا (پس از ۱۲ ساعت ناشتایی) با استفاده از گلوکومتر اندازه گیری شد. حیوانات با گلوکز خون بالای ۲۵۰ mg/dL دیابتی در نظر گرفته شدند.

۲-۳ پروتکل تمرین مقاومتی

گروه های تمرینی (D+RT و D+RT+Allicin) و به مدت ۸ هفته (۵ جلسه در هفته) در برنامه تمرین مقاومتی با استفاده از نردبان مخصوص (ارتفاع ۱ متر، زاویه ۸۵ درجه) شرکت کردند. هر جلسه شامل ۳ نوبت بالارفتن از نردبان با وزنه های متصل به دم حیوان بود. وزن شروع ۵۰٪ وزن بدن بود و به تدریج تا ۱۰۰٪ وزن بدن در هفته آخر افزایش یافت. بین هر نوبت، ۲ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. گروه های غیر تمرینی به مدت مشابه روی نردبان بدون وزنه قرار گرفتند.

۲-۴ تجویز آلیسین

گروه های دریافت کننده آلیسین (D+Allicin و D+RT+Allicin) روزانه ۱۰ mg/kg آلیسین (خلوص $\geq 98\%$; Sigma-Aldrich) حل شده در سالیین نرمال را به صورت درون صفاقی دریافت کردند. گروه های کنترل حجم معادل سالیین نرمال دریافت نمودند. تجویز آلیسین ۳۰ دقیقه پیش از هر جلسه تمرینی انجام شد.

۲-۵ نمونه برداری

۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی و ۱۲ ساعت ناشتایی، حیوانات با تزریق درون صفاقی کتامین/ایلازین (۸۰/۱۰ mg/kg) بیهوش شده و پس از خون گیری از قلب، بافت کبد خارج گردید. نمونه های کبد بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد شده و تا زمان آنالیز در دمای -۸۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. بخشی از بافت کبد نیز در فرمالین بافر ۱۰٪ برای بررسی هیستولوژیک تثبیت گردید.

۲-۶ اندازه گیری متغیرهای بیوشیمیایی

گلوکز خون ناشتا^۱ با استفاده از دستگاه گلوکومتر (Accu-Chek, Roche) اندازه گیری شد. سطوح انسولین سرم با کیت الیزا (Mercodia) بر اساس دستورالعمل سازنده سنجیده شد.

۲-۷ استخراج RNA و Real-Time PCR

¹ FBG

RNA کل از بافت کبد (۵۰-۳۰ میلی گرم) با استفاده از کیت TRIzol (Invitrogen) استخراج گردید. کیفیت و کمیت RNA با اسپکتروفتومتری (NanoDrop) ارزیابی شد. سنتز cDNA با استفاده از کیت (Thermo Scientific) انجام گرفت. بیان ژن‌های PEPCK، G6Pase و FOXO1 با استفاده از Real-Time PCR (SYBR Green, Bio-Rad) و با نرمال سازی نسبت به ژن مرجع GAPDH اندازه گیری شد. توالی پرایمرها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - توالی پرایمرهای مورد استفاده برای Real-Time PCR

ژن	توالی پرایمر (۵' → ۳')	توالی پرایمر (۳' → ۵')
PEPCK	CAGGGTGCCAGAGAAAGCAG	GCAGCTCTTCAGCCACATCA
G6Pase	GTTGAACCAGTCTCCACGGA	CGACTCGCTATCTCCAAGTGA
FOXO1	GGTTGCTGCATAGACGTTGC	CGGCTGGAGACTATCAACCA
GAPDH	ACACATTGGGGGTAGGAACA	AACTTTGGCATTGTGGAAGG

۲-۸ وسترن بلات

بافت کبد در بافر لیز (RIPA) حاوی مهارکننده‌های پروتئاز و فسفاتاز هموزن شد. پس از سانتریفیوژ، غلظت پروتئین با روش برادفورد تعیین گردید. پروتئین‌ها (۵۰ µg) بر روی ژل SDS-PAGE ۱۰٪ جدا شده و به غشای PVDF (Millipore) انتقال یافتند. غشاهای با آنتی‌بادی‌های اولیه ضد (p-AKT (Ser473، total AKT، p-FOXO1 (Ser256، total FOXO1 و GAPDH (همگی از Cell Signaling Technology) انکوبه شده و سپس با آنتی‌بادی ثانویه HRP-conjugate و کیت (Bio-Rad) ECL آشکارسازی شدند. شدت باندها با نرم افزار ImageJ کمی سازی گردید.

۲-۹ بررسی هیستولوژیک

مقاطع بافتی به ضخامت ۵ µm تهیه شده و با رنگ آمیزی هماتوکسیلین-ئوزین (H&E) و (PAS) Periodic Acid-Schiff رنگ آمیزی شدند. تغییرات بافتی، تجمع چربی کبدی و محتوای گلیکوژن توسط پاتولوژیست به صورت کور بررسی گردید.

۲-۱۰ تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS تحلیل شدند. نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی گردید. برای مقایسه بین گروه‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه^۱ به همراه آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار (SD) ارائه شده و سطح معنی داری P<0.05 در نظر گرفته شد.

۳ یافته‌ها

۳-۱ اثر مداخلات بر گلوکز خون ناشتا و مقاومت انسولینی

نتایج نشان داد که هر سه مداخله (تمرین مقاومتی، آلیسین و ترکیبی) به طور معنی داری گلوکز خون ناشتا را در مقایسه با گروه دیابتی کنترل کاهش دادند (P<0.001). با این حال، گروه ترکیبی (D+RT+Allicin) کاهش بیشتری نسبت به دو گروه دیگر

¹ ANOVA

نشان داد ($P < 0.05$). همچنین، شاخص مقاومت به انسولین در گروه ترکیبی به طور معنی داری کمتر از سایر گروه های دیابتی بود (جدول ۲).

جدول ۲ - مقایسه متغیرهای بیوشیمیایی و بیان ژن در گروه های مختلف مطالعه

متغیر	کنترل سالم	دیابتی کنترل	D + RT	D + Allicin	D + RT + Allicin	معنی داری (P)
گلوکز خون ناشتا (میلی گرم بر دسی لیتر) ^۱	۱۱۶±۲	۳۰۵±۱۲	*۱۹۲±۱۷	*۱۸۷±۱۵	*۱۴۵±۱۴	<0.001
انسولین سرم (میکروواحد بین المللی بر میلی لیتر) ^۲	۹/۲۳±۰/۶۴	۵.۹۷±۰.۲۲	*۶.۵۸±۰.۱۵	*۶.۴۸±۰.۱۸	*۷.۱۲±۰.۱۲	<0.001
شاخص مقاومت به انسولین ^۳	۴/۳±۰.۲	۲۰.۲±۰.۴	*۱۴.۹±۰.۳	*۱۴.۲±۰.۳	*۱۰.۲±۰.۲	<0.001
فسفوئینول پیرووات کربوکسی کیناز (PEPCK)؛ بیان RNA پیام رسان ^۴	۱±۰.۰۸	۱.۹۵±۰.۰۹	*۱.۳۷±۰.۰۶	*۱.۴۲±۰.۰۷	*۱.۱۲±۰.۰۵	<0.001
گلوکز-۶-فسفاتاز (G6Pase)؛ بیان RNA پیام رسان ^۵	۱±۰.۱۲	۱.۹۴±۱.۲۲	*۱.۰۴±۰.۲۱	*۱.۴۵±۰.۱۹	*۱.۱۸±۰.۱۵	<0.001
نسبت AKT فسفریله به AKT کل ^۶	۱.۰۵±۰.۰۴	۰.۳۲±۰.۰۵	*۰.۶۵±۰.۰۶	*۰.۵۸±۰.۰۵	*۰.۸۷±۰.۰۵	<0.001
نسبت FOXO1 فسفریله به FOXO1 کل ^۷	۱.۰۳±۰.۰۴	۰.۲۸±۰.۰۶	*۰.۵۹±۰.۰۵	*۰.۵۲±۰.۰۶	*۰.۷۹±۰.۰۴	<0.001

*معنی داری نسبت به گروه دیابتی کنترل ($P < 0.05$)

داده ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده اند؛

✓ D+RT: دیابتی + تمرین مقاومتی،

✓ D + Allicin: دیابتی + آلیسین،

✓ D+RT+Allicin: دیابتی + تمرین مقاومتی + آلیسین.

¹ FBG (mg/dL)

² μ U/mL

³ HOMA-IR

⁴ PEPCK

(mRNA)

⁵ G6Pase

(mRNA)

⁶ p-AKT/t-AKT

⁷ p-FOXO1/FOXO1

۳-۲ اثر مداخلات بر بیان ژن های گلوکونئوزنیک

بیان mRNA ژن های PEPCK و G6Pase در گروه دیابتی کنترل نسبت به گروه کنترل سالم به طور معنی داری افزایش یافت ($P<0.001$). هر سه مداخله به طور معنی داری بیان این ژن ها را کاهش دادند ($P<0.001$). گروه ترکیبی کاهش معنی دار بیشتری نسبت به گروه های D+RT و D + Allicin نشان داد ($P<0.05$) (جدول ۲). این یافته ها با مطالعه Eizadi و همکاران (۲۰۲۵) که کاهش بیان PEPCK و G6Pase را در پاسخ به تمرین مقاومتی گزارش کرده اند، همخوانی دارد.

۳-۳ اثر مداخلات بر فسفوریلاسیون AKT و FOXO1

نتایج وسترن بلات نشان داد که نسبت p-AKT/t-AKT در گروه دیابتی کنترل در مقایسه با گروه کنترل سالم به شدت کاهش یافته بود ($P<0.001$). تمرین مقاومتی و آلیسین هر یک به طور جداگانه این نسبت را افزایش دادند ($P<0.001$). با این حال، گروه ترکیبی افزایش چشمگیری در فسفوریلاسیون AKT نشان داد که به طور معنی داری از هر دو گروه D+RT و D + Allicin بیشتر بود ($P<0.05$) (جدول ۲). این یافته با مطالعه ای که نشان داد تمرین مقاومتی با افزایش فسفوریلاسیون AKT، سیگنالینگ انسولینی کبدی را بازمی گرداند، همسو است. به طور مشابه، نسبت p-FOXO1/FOXO1 (فسفوریلاسیون در باقی مانده Ser256) در گروه ترکیبی به طور معنی داری بالاتر از گروه های D+RT و D + Allicin بود ($P<0.05$) (جدول ۲). فسفوریلاسیون FOXO1 توسط AKT در Ser256 موجب خروج FOXO1 از هسته و مهار رونویسی ژن های گلوکونئوزنیک می شود. افزایش هم افزای فسفوریلاسیون FOXO1 در گروه ترکیبی، مکانیسم مولکولی مهار مؤثرتر گلوکونئوزن را تبیین می کند.

۳-۴ یافته های هیستولوژیک

بررسی میکروسکوپی مقاطع کبدی با رنگ آمیزی H&E نشان داد که کبد گروه دیابتی کنترل دارای استئاتوز شدید (تجمع واکوئل های چربی) و التهاب منتشر بود. در گروه های D+RT و D + Allicin، شدت استئاتوز و التهاب کاهش یافته بود. گروه ترکیبی (D+RT+Allicin) بهترین بهبود بافتی را با حداقل تجمع چربی و آرایش منظم تر سلول های کبدی نشان داد. رنگ آمیزی PAS نیز افزایش محتوای گلیکوژن کبدی را در گروه ترکیبی نسبت به سایر گروه های دیابتی تأیید کرد. این یافته ها با مطالعه شرفی فرد و همکاران (۲۰۲۵) که بهبود آرایش بافتی کبد را در پاسخ به تمرین گزارش کردند، همخوانی دارد.

۴ بحث

پژوهش حاضر برای نخستین بار اثر هم افزای تمرین مقاومتی و آلیسین را بر مهار گلوکونئوزن کبدی از طریق تعدیل فسفوریلاسیون AKT و مهار FOXO1 در مدل موش های دیابتی نوع ۲ بررسی کرد. یافته های ما نشان داد که ترکیب این دو مداخله، نسبت به هر یک به تنهایی، کاهش بیشتری در گلوکز خون ناشتا، مقاومت انسولینی و بیان ژن های گلوکونئوزنیک ایجاد می کند. این اثر هم افزا با افزایش چشمگیر فسفوریلاسیون AKT و متعاقب آن افزایش فسفوریلاسیون FOXO1 در Ser256 همراه بود.

مسیر PI3K/AKT/FOXO1 یکی از مسیرهای مرکزی در تنظیم هموستاز گلوکز کبدی محسوب می شود. در شرایط مقاومت انسولینی، فسفوریلاسیون AKT کاهش یافته و FOXO1 فسفوریلاسیون نشده در هسته باقی می ماند و باعث افزایش رونویسی

PEPCK و G6Pase می‌شود. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که فعال‌سازی مسیر AKT از طریق مهار FOXO1، استراتژی مؤثری برای کاهش تولید گلوکز کبدی است.

تمرین مقاومتی از طریق مکانیسم‌های متعدد، سیگنالینگ انسولین را در کبد بهبود می‌بخشد. مطالعه‌ای نشان داد که ۸ هفته تمرین مقاومتی در موش‌های چاق، فسفوریلاسیون AKT را افزایش داده و بیان CDK4 و CDK6 را کاهش می‌دهد. همچنین، تمرین مقاومتی با کاهش بیان HNF-4 α ، PEPCK و G6Pase، تولید گلوکز کبدی را مهار می‌کند. مطالعه پیرا و همکاران (۲۰۲۶) نیز نشان داد که تمرین مقاومتی کوتاه‌مدت، فسفوریلاسیون FOXO1 کبدی را افزایش داده و محتوای PEPCK و G6Pase را کاهش می‌دهد.

آلیسین نیز به‌عنوان یک ترکیب زیست‌فعال با خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی، مسیر PI3K/AKT را تعدیل می‌کند. مطالعه دنگ و همکاران (۲۰۲۵) نشان داد که مکمل‌سازی آلیسین، التهاب کبدی را کاهش داده و متابولیسم گلوکز را در موش‌های تغذیه‌شده با رژیم پرچرب/پرفروکتوز بهبود می‌بخشد. همچنین، آلیسین با تعدیل ژن ساعت‌زیستی Rev-erba و افزایش اسیدهای چرب زنجیره کوتاه، هموستاز گلوکز را بهبود می‌دهد. مطالعه دیگری نشان داد که آلیسین با فعال‌سازی مسیر SIRT1/FOXO1، استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد. نکته قابل توجه در پژوهش حاضر، اثر هم‌افزای ترکیب تمرین مقاومتی و آلیسین است. گروه ترکیبی افزایش معنی‌دارتری در نسبت p-AKT/t-AKT و p-FOXO1/FOXO1 نشان داد که با کاهش بیشتر بیان PEPCK و G6Pase همراه بود. این اثر هم‌افزا احتمالاً از طریق چندین مکانیسم توجیه‌پذیر است.

۱. تمرین مقاومتی با افزایش حساسیت انسولینی و بهبود سیگنالینگ AKT، بستر مولکولی مناسبی برای اثرات آلیسین فراهم می‌کند.

۲. آلیسین با مهار فسفاتاز PP2A که موجب دفسفوریلاسیون AKT می‌شود، می‌تواند سطح p-AKT را تثبیت کند.

۳. آلیسین با مهار DYRK1B که AKT-mediated FOXO1 phosphorylation را مهار می‌کند، می‌تواند اثر تمرین مقاومتی را در افزایش فسفوریلاسیون FOXO1 تقویت کند.

۴. هر دو مداخله با کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو، محیط کبدی را برای عملکرد بهینه مسیر AKT/FOXO1 مساعدتر می‌سازند.

۵ نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ترکیب تمرین مقاومتی و آلیسین از طریق تقویت هم‌افزای فسفوریلاسیون AKT و متعاقب آن افزایش فسفوریلاسیون و خروج هسته‌ای FOXO1، مهار مؤثرتری بر گلوکونئوژنز کبدی اعمال می‌کند. این رویکرد ترکیبی با کاهش معنی‌دار گلوکز خون ناشتا، مقاومت انسولینی و بیان ژن‌های کلیدی گلوکونئوژنیک (PEPCK و G6Pase) همراه بود. با توجه به ایمنی و هزینه‌پایین هر دو مداخله، این استراتژی ترکیبی می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد درمانی غیردارویی مؤثر و مکمل در مدیریت دیابت نوع ۲ و اختلالات متابولیک مرتبط مدنظر قرار گیرد.

منابع

1. Xu QG, Gu ZY, Chen WJ, Liu H, Li ZY, Cai WL, Huang J, Muhitdinov B, Liu EG, Aisa HA, Huang YZ. Transcutaneous allicin oleogel restores energy homeostasis for obesity treatment. *Acta Pharmacol Sin.* 2026 Aug;47(8):2282-2296. doi: 10.1038/s41401-026-01768-y. Epub 2026 Mar 30. PMID: 41912621; PMCID: PMC13389042. Novel mechanism of FOXO1 phosphorylation in glucagon signaling in control of glucose homeostasis. **2026.**
2. Wu Y, Pan Q, Yan H, Zhang K, Guo X, Xu Z, Yang W, Qi Y, Guo CA, Hornsby C, Zhang L, Zhou A, Li L, Chen Y, Zhang W, Sun Y, Zheng H, Wondisford F, He L, Guo S. Novel Mechanism of Foxo1 Phosphorylation in Glucagon Signaling in Control of Glucose Homeostasis. *Diabetes.* 2018 Nov;67(11):2167-2182. doi: 10.2337/db18-0674. Epub 2018 Sep 10. PMID: 30201683; PMCID: PMC6198346.
3. Khamdan, M., & Bartelt, A. (2026). How oxidative stress leads to hepatic insulin resistance. *Immunity & Inflammation*, 2, Article 32.
4. Chen J, Liu Z, Gu J, Jiang Y, Cao K, Zhou N, Zhou Y, Wang Z, Zhou L, Yu J, Sun X, Li T, Zhang L, Huang T, Wang D, Zhang C, Tang K, Ma J, Zhang H, Lv J, Huang B. Revitalizing p-GSK-3 β via cysteine sulfenylation promotes hepatic insulin resistance by differentially regulating glycogenesis and gluconeogenesis. *Nat Metab.* 2026 May;8(5):1173-1188. doi: 10.1038/s42255-026-01507-x. Epub 2026 Apr 2. PMID: 41927796.
5. Muller GY, Matos FO, Perego Junior JE, Kurauti MA, Diaz Pedrosa MM. High-intensity interval resistance training (HIIRT) improves liver gluconeogenesis from lactate in Swiss mice. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2022 Apr;47(4):439-446. doi: 10.1139/apnm-2021-0721. Epub 2022 Jan 12. PMID: 35020517.
6. Zolfaghari, A., Banaeifar, A., & Arshadi, S. (2026). The effect of a period of interval training on the expression of G6Pase and PEPCK genes in the liver tissue of obese type 2 diabetic rats. *Journal of Sports Physiology and Athletic Conditioning*, 6(19).
7. Li S, Huang K, Xu C, Zhang H, Wang X, Zhang R, Lu Y, Mohan M, Hu C. DYRK1B phosphorylates FOXO1 to promote hepatic gluconeogenesis. *Nucleic Acids Res.* 2025 Apr 22;53(8):gkaf319. doi: 10.1093/nar/gkaf319. PMID: 40287828; PMCID: PMC12034038.
8. Miao Z, Liu Y, Xu Y, Bu J, Yang Q. Oxaloacetate promotes the transition from glycolysis to gluconeogenesis through the Akt-FoxO1 and JNK/c-Jun-FoxO1 axes and inhibits the survival of liver cancer cells. *Int Immunopharmacol.* 2025 Aug 28;161:115051. doi: 10.1016/j.intimp.2025.115051. Epub 2025 Jun 12. PMID: 40513330.
9. Kitazawa M, Ohizumi Y, Oike Y, Hishinuma T, Hashimoto S. Angiopoietin-related growth factor suppresses gluconeogenesis through the Akt/forkhead box class O1-dependent pathway in hepatocytes. *J Pharmacol Exp Ther.* 2007 Dec;323(3):787-93. doi: 10.1124/jpet.107.127530. Epub 2007 Sep 5. PMID: 17804676.
10. Gao YQ, Liu YB, Gao XF, Ren S, Tang S, Wang Z, Chen L, Hu JN, Cui JW, Li W. Ginsenoside Rh2 mitigates hepatic gluconeogenesis by regulating Akt/FoxO1 pathway in type 2 diabetic mice. *Int Immunopharmacol.* 2026 Jan 1;168(Pt 2):115927. doi: 10.1016/j.intimp.2025.115927. Epub 2025 Nov 22. PMID: 41275830.
11. Sharafifard, F., Kazeminasab, F., Ghanbari rad, M. et al. The combined effects of high-intensity interval training and time-restricted feeding on the AKT/FOXO1/PEPCK pathway in diabetic rats. *Sci Rep* 15, 13898 (2025).
12. Eizadi M, Salehi SS. Relationship between Changes in Serum Insulin with Hepatic Expression of PEPCK, G6Pase and HNF4 α in Response to Resistance Training in Diabetic Rats with High-Fat Diet and STZ. *Iran J Diabetes Obes.* **2025;** 17(1):40-47.

13. Ahmadian, A., Parsian, H., Hosseini, S. A., Soheili, S., & Ershadi, R. (2025). The effect of resistance training on hepatic FTO gene expression, fasting glucose and insulin resistance in Wistar rats with type 2 diabetes. *Pathobiology Research*, 28(1), 49–55.
14. da Costa Fernandes, C. J., da Cruz Rodrigues, V. C., de Sá Pereira, G. J., de Melo, D. G., de Campos, T. D. P., dos Santos Cancigliieri, R., da Silva, R. A. F., da Silva, A. S. R., Pauli, J. R., Gross, A., & de Moura, L. P. (2026). Epigenetically modulated MTCH2 and regulated ATP5 in the liver of obese mice subjected to strength training. *Life Sciences*, 384, 124105.
15. Pereira, R. M., da Cruz Rodrigues, K. C., Sant'Ana, M. R., da Rocha, A. L., Morelli, A. P., Veras, A. S. C., Gaspar, R. S., da Costa Fernandes, C. J., Teixeira, G. R., Simabuco, F. M., da Silva, A. S. R., Cintra, D. E., Ropelle, E. R., Pauli, J. R., & de Moura, L. P. (2022). FOXO1 is downregulated in obese mice subjected to short-term strength training. *Journal of Cellular Physiology*, 237(11), 4262–4274.
16. Deng Y, Zhang Y, Xiao J, Cao Y, Ho CT, Lu M. Allicin Improves Diet-Induced Nonalcoholic Steatohepatitis and Gut Microbiota Dysbiosis in Mice via the Involvement of the Circadian Clock Gene Rev-erba. *J Agric Food Chem*. **2025**;73(15): 9019-9032.
17. Chauhan A, Dewali S, Pathak VM, Bisht SS, Chauhan R, Kaur D, Tuli HS, Haque S, Ahmad F. Therapeutic role of allicin in gastrointestinal cancers: mechanisms and safety aspects. *Discov Oncol*. 2025 Sep 26;16(1):1731. doi: 10.1007/s12672-025-02591-3. PMID: 41003866; PMCID: PMC12474849.
18. Wang Y, et al. Cobalt exposure increases fasting plasma glucose by inhibiting hepatic glycogen synthesis and enhancing gluconeogenesis via PI3K/Akt/FOXO1 pathway. *J Hazard Mater*. **2025**; 499:140132.
19. Liu, W., Meng, P., Li, Z., Shen, Y., Meng, X., Jin, S., & Hu, M. (2025). The multifaceted impact of physical exercise on FoxO signaling pathways. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 13, 1614732.
20. Naeimi, S., Hatami, M., & Gerdekaneh, M. K. (2025). Exercise-driven improvements in skeletal muscle insulin sensitivity in type 2 diabetes: The role of AS160 phosphorylation and glucose transport machinery. *New Approaches in Exercise Physiology*, 7(13), e20046.
21. Montalvo, R. N., et al. (2025). Weightlifting outperforms voluntary wheel running for improving adiposity and insulin sensitivity in obese mice. *Journal of Sport and Health Science*.
22. Zhang, C., He, X., Sheng, Y., Xu, J., Yang, C., Zheng, S., Liu, J., Li, H., Ge, J., Yang, M., Zhai, B., Xu, W., Luo, Y., & Huang, K. (2020). Allicin regulates energy homeostasis through brown adipose tissue. *iScience*, 23(5), 101113.
23. Chen, K., Nakasone, Y., Yi, S., Ibrahim, H. R., Sakao, K., Hossain, M. A., & Hou, D.-X. (2022). Natural garlic organosulfur compounds prevent metabolic disorder of lipid and glucose by increasing gut commensal Bacteroides acidifaciens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(19), 5829–5837.
24. He, W., Kong, Z., Cai, J., Wang, Z., Ma, L., Xiao, X., & Luo, T. (2026). Alisol B 23-acetate alleviates high-fat diet-induced insulin resistance by activating the SIRT1/FOXO1 axis and PI3K/AKT pathway. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 399(5), 6447–6466.
25. Ishiguro, H., Minato, K., Iwaasa, K., Wu, S., Antao, G., Tsuchida, T., Suwabe, T., Katagiri, T., Suzuki, H., Masuko, M., Watanabe, K.-I., Ushiki, T., & Sone, H. (2025). Combination of imeglimin and resistance exercise improves mitochondrial function and glucose metabolism in skeletal muscles. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 39(10), 109145.
26. Krassovskaia, P., Jevtovic, F., Zheng, D., Noone, J., Yeo, R. X., Pino, M. F., Stowe, C. L., Emilson, S. S., Musi, N., Huffman, K. M., Hebert, C., Bowen, S., Zarini, S., Ravussin, E., Broskey, N. T., Krauss, W. E., Bergman, B. C., Sparks, L. M., & Houmard, J. A. (2025). Effects of habitual endurance and resistance exercise on insulin action in primary human skeletal muscle stem cells. *Physiological Reports*, 13(19), e70600.

27. Zhou H, Yang J, Li N, Li J, Ran J, Zheng Y, Long Y, Cheng F, Liao Y. Impacts of resistance training combined with vibration training on the IGF-1/PI3K/AKT/FOXO3 axis and clinical outcomes in patients with sarcopenia: A protocol for a randomized controlled trial. PLoS One. 2025 Sep 26;20(9):e0333343. doi: 10.1371/journal.pone.0333343. PMID: 41004429; PMCID: PMC12468885.
28. Baik, S., Qianshi, Y., Park, S., Lee, H., Heo, H., Lee, J., Yuan, C., & Sung, J. (2025). Flavonoid derivatives isolated from *Hypericum monogynum* ameliorate insulin resistance via modulation of IRS-1/PI3K/Akt/FOXO1 pathway in HepG2 cells. *Journal of Medicinal Food*, 28(3), 243–255.
29. Xu Y, Yu J. Allicin Mitigates Diabetic Retinopathy in Rats by Activating Phosphatase and Tensin Homolog-induced Kinase 1/Parkin-mitophagy and Inhibiting Oxidative Stress-mediated NOD-like Receptor Family Pyrin Domain Containing 3 Inflammasome. *J Physiol Investig*. 2024 Jul 1;67(4):215-224. doi: 10.4103/ejpi.EJPI-D-24-00039. Epub 2024 Aug 29. PMID: 39206781.

Investigating the Synergistic Effects of Resistance Training and Allicin on the Inhibition of Hepatic Gluconeogenesis Through Modulation of AKT Phosphorylation and Inhibition of the FOXO1 Transcription Factor

Danial Asadollahi Sohi ^{*1}, Bahareh Yazdanparast Chaharmahali ²

1- Senior expert in exercise physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Tehran Branch

2 - Assistant Professor of exercise Physiology Department, Islamic Azad University, Varamin Branch

Abstract

Liver hyperactive gluconeogenesis is one of the major factors contributing to hyperglycemia in type 2 diabetes and metabolic syndrome. The phosphatidylinositol 3-kinase/protein kinase B (PI3K/AKT) signaling pathway plays an important role in suppressing the expression of gluconeogenic genes, including phosphoenolpyruvate carboxykinase and glucose-6-phosphatase, through phosphorylation of the Forkhead box O1 (FOXO1) transcription factor. In this study, 40 rats were randomly divided into five groups: healthy control, diabetic control, diabetic receiving resistance training, diabetic receiving allicin, and diabetic receiving combined resistance training and allicin. Type 2 diabetes was induced using a high-fat diet and streptozotocin injection. The training groups participated in an eight-week resistance training program, and allicin was administered daily. At the end of the intervention, liver tissue samples were collected to assess gene expression, protein levels, and histopathological changes. The results showed that resistance training alone increased protein kinase B phosphorylation and reduced the expression of phosphoenolpyruvate carboxykinase and glucose-6-phosphatase. Allicin also improved glucose metabolism and reduced hepatic inflammation. The combined intervention resulted in a greater increase in the ratio of phosphorylated protein kinase B to total protein kinase B and a more significant reduction in nuclear levels of Forkhead box O1 and the expression of gluconeogenic genes compared with either intervention alone. Furthermore, reductions in fasting blood glucose and insulin resistance were greater in the combined group. Overall, the combination of resistance training and allicin may, possibly through enhanced activation of protein kinase B and increased phosphorylation and nuclear export of Forkhead box O1, exert a more effective inhibitory effect on hepatic gluconeogenesis and may be considered a complementary non-pharmacological approach for the management of type 2 diabetes.

Keywords: Phosphorylation, lipid profile, hepatic gluconeogenesis, AKT, FOXO1, hepatic inflammation.

* Correspondence: daaniyaaaal76@gmail.com

صفحات ۹۱-۷۵

مقایسه اثربخشی آموزش خطی و غیرخطی بر لذت از فعالیت و یادگیری مهارت‌های پایه فوتبال در نوجوانان

بهشاد پنجه زاده^{*۱}

۱. دکترای بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده:

پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثربخشی دو روش آموزشی خطی و غیرخطی بر لذت از فعالیت و یادگیری مهارت‌های پایه فوتبال (شوت، پاس و دریبل) در نوجوانان پسر ۱۵ تا ۱۸ ساله کرمانشاه طراحی و اجرا شد. این مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل انجام شد. ۹۰ نوجوان فوتبالیست با نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب و به سه گروه ۳۰ نفره تخصیص یافتند. گروه‌های تجربی به مدت ۸ هفته (۲ جلسه در هفته) تحت تمرین قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های عملی مهارت‌های فوتبال و پرسشنامه لذت از فعالیت جسمانی گردآوری شدند. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) و تک‌متغیره (ANCOVA) با کنترل نمرات پیش‌آزمون به عنوان کووریت، و همچنین آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه‌های زوجی انجام گرفت. نتایج MANCOVA نشان داد که بین سه گروه در ترکیب خطی متغیرهای وابسته تفاوت معناداری وجود دارد (ویلکز لامبدا = ۰/۲۴، $P < ۰/۰۰۱$ ، $F(۲,۸۴) = ۱۴/۳۵$). نتایج ANCOVA نیز نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین گروه‌ها در تمامی متغیرهای وابسته وجود دارد ($P > ۰/۰۰۱$). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی با تعدیل سطح معناداری ($\alpha = ۰/۰۱۷$) نشان داد که گروه غیرخطی به طور معناداری از دو گروه دیگر در تمامی متغیرها بهتر عمل کرده است ($P > ۰/۰۰۱$). آموزش غیرخطی هم‌زمان دو دستاورد کلیدی افزایش لذت و بهبود مهارت‌های پایه را به ارمغان می‌آورد. به مربیان و برنامه‌ریزان ورزشی، به کارگیری این روش برای افزایش انگیزه و کیفیت یادگیری توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: آموزش غیرخطی، آموزش خطی، لذت از فعالیت، مهارت‌های پایه فوتبال، نوجوانان.

* ایمیل نویسنده مسئول: behshadpanjehzadeh@gmail.com

مقدمه:

روش‌های آموزشی، نقشی انکارناپذیر در کیفیت مهارت‌های ورزشی دارند. این نقش، در رشته‌های تیمی پویایی چون فوتبال، بیش از هر جای دیگری خودنمایی می‌کند. بدون توجه به ساختار آموزش، نمی‌توان از توسعه مهارت سخن گفت. دهه‌های اخیر، شاهد رشد تدریجی اقبال به روش‌های غیرخطی بوده‌اند. این اقبال، ناشی از ناکارآمدی روش‌های پیشین در ایجاد یادگیری پایدار و لذت‌مندگار نیست؛ بلکه پاسخی است به نیاز مغفول نوجوانان به تجربه‌ای پویا در ورزش. انتقال موفق مهارت، افزایش انگیزه و ارتقای رضایت، هر سه در سایه آموزش غیرخطی به ثبوت رسیده‌اند. هیچ‌یک از این دستاوردها، در غیاب این رویکرد، با چنین شدتی مشاهده نشده است. سال‌های اخیر، شاهد جایگاهی نو برای آموزش مهارت‌های ورزشی بوده‌اند. این جایگاه، به‌ویژه در فوتبال پرطرفدار، در برنامه‌های تربیت بدنی، نادیده‌گرفته‌نیست. با این حال، سرمایه‌گذاری شایسته بر این حوزه، همچنان به‌عنوان یک ضرورت مغفول‌مانده، به‌ویژه در میان نوجوانان، خودنمایی می‌کند و نه تنها به اندازه کافی جدی گرفته نشده، بلکه گاه با بی‌توجهی نظام‌مند روبه‌رو شده است (د ویاژنال، ۲۰۱۵).

در آموزش خطی، ثبات و دقت، از طریق تکرار بی‌وقفه و تمرین در محیطی کاملاً کنترل‌شده، هدف‌گذاری می‌شوند. (مگیل و همکاران، ۲۰۱۱). این روش، هیچ فضایی برای خطا و کشف شخصی در نظر نمی‌گیرد و اجرا را به الگویی ثابت و تغییرناپذیر گره می‌زند. رویکرد خطی، به‌عنوان یک استراتژی آموزشی، مبتنی بر سلسله‌مراتب تدریجی مهارت‌هاست. در این رویکرد، دانش، بدون طی مراحل مشخص، به فراگیر منتقل نمی‌شود. هدف از تکرار مداوم، دستیابی به تسلط کامل بر جزئیات حرکتی است. چنین تسلطی، بدون تکرار، حاصل نمی‌شود و خودکاری حرکت، در گرو تمرین مکرر، معنا می‌یابد. با وجود کارآمدی‌های نسبی، رویکرد خطی از محدودیت‌ها و چالش‌هایی برکنار نیست. این محدودیت‌ها، در صورت نادیده گرفته شدن، می‌توانند به ناکارآمدی فرایند یادگیری بینجامند (ابدالی فر و همکاران، ۲۰۲۲).

در سوی دیگر، یادگیری معنادار، تفکر انتقادی و سازگاری پویا، همگی در کانون آموزش غیرخطی جای گرفته‌اند. این رویکرد، بازیکن را در برابر شرایط متغیر بازی تنها نمی‌گذارد، بلکه او را به کاوشگری فعال در موقعیت‌های ناپایدار دعوت می‌کند. در رویکرد نوین غیرخطی، تنوع و تغییرات هدفمند در ساختار تمرینات، نه یک انتخاب، که یک ضرورت تلقی می‌شوند. بدون این تغییرات، یادگیری پویا، ممکن نخواهد بود. محیط‌های پویا و پیچیده، در آموزش غیرخطی، بستری برای تطبیق‌پذیری فراگیران فراهم می‌آورند. این تطبیق، بدون مواجهه با چالش‌های واقعی، میسر نمی‌گردد و ارتقای مهارت، در گرو چنین مواجهه‌ای است (دیویدز و همکاران، ۲۰۱۲). تنوع عامدانه تمرینات، فرصتی برای توسعه یکپارچه مهارت‌ها در دل چالش‌های متنوع فراهم می‌آورد. بدون این تنوع، جامعیت یادگیری، از دست می‌رود. خستگی و دلزدگی، در سایه تنوع تمرینات، رخت برمی‌بندند. این تنوع، یکنواختی را از میان برمی‌دارد و انگیزه یادگیری را، نه به صورت تدریجی، که به‌طور چشم‌گیری، افزایش می‌دهد. اهمیت بنیادین رویکرد غیرخطی، در تحقیقات گسترده دیویدز (۲۰۰۸)، به‌کرات، مورد تأکید قرار گرفته است و هیچ‌یک از رویکردهای دیگر، چنین جایگاهی را از آن خود نکرده‌اند. پژوهش‌های گسترده‌ای در روانشناسی ورزشی، به بررسی ابعاد اثرگذاری عوامل روانی بر عملکرد ورزشکاران پرداخته‌اند. با این حال، بسیاری از این ابعاد، همچنان

در هاله‌ای از ابهام باقی مانده‌اند. تنوع و عدم قطعیت، در روش‌های غیرخطی، به‌عنوان محرک‌های اصلی انگیزه، شناسایی شده‌اند.

در مقابل، تکرار و یکنواختی روش‌های خطی، از ایجاد اشتیاق پایدار در ورزشکاران ناتوان مانده‌اند. این تفاوت بنیادین، در نتایج تحقیقات متعدد، به‌وضوح، به‌ثبوت رسیده است. تنوع شناختی و حرکتی، در کنار فرصت‌های خلاقانه، به‌عنوان مؤلفه‌های کلیدی آموزش غیرخطی، در پژوهش‌های متعددی، مورد تأکید قرار گرفته‌اند. این مؤلفه‌ها، به‌طور مستقیم، بر لذت، انگیزه و اشتیاق ورزشکاران رشته‌های گوناگون، تأثیر مثبت گذاشته‌اند. در غیاب این مؤلفه‌ها، چنین تأثیری، قابل انتظار نبوده است (ناصری و همکاران، ۲۰۲۲). افزایش تنوع و چالش‌های متناسب با توانایی‌ها، در پژوهش دیویدز (۲۰۱۲)، به افزایش احساس سرگرمی، لذت و رضایت در نوجوانان، منجر شده است. بدون این تناسب، چالش‌ها، نه‌تنها لذت‌بخش، که خسته‌کننده و دلسردکننده خواهند بود. فرصت تمرین در محیط‌های پویا و متغیر، تنها در سایه رویکردهای غیرخطی، برای یادگیرندگان، فراهم می‌آید. این فرصت، در رویکردهای خطی، به‌ندرت، به‌صورت نظام‌مند، ارائه می‌شود. تمرینات غیرخطی، در پژوهش‌های دیویدز، به‌عنوان عاملی کلیدی در یادگیری عمیق‌تر و پایدارتر مهارت‌های پایه، معرفی شده‌اند. این تمرینات، به ثبت ماندگارتر مهارت‌ها در حافظه بلندمدت، یاری می‌رسانند. در غیاب این تمرینات، چنین یادگیری ماندگاری، قابل دستیابی نخواهد بود. یادگیری سریع‌تر و چشم‌گیرتر مهارت‌های پایه، در گرو تمرین در محیط‌های متغیر و پویاست. چنین محیط‌هایی، تنها در رویکرد غیرخطی، به‌فراوانی یافت می‌شوند و فرایند یادگیری را به‌طور محسوسی، تسریع می‌بخشند. با آن‌که هر دو روش خطی و غیرخطی در جهان به‌کار گرفته می‌شوند، پرسش‌های بی‌پاسخ بسیاری درباره اثربخشی نسبی آن‌ها باقی مانده است. مزایای هر روش در شرایط گوناگون، هنوز به‌روشنی تبیین نشده و این ابهام، دست مربیان را در انتخاب آگاهانه می‌بندد.

پرسش بنیادین، همچنان بی‌پاسخ مانده است: کدام روش می‌تواند هم‌زمان، هم لذت را در نوجوانان پرورش دهد و هم مهارت‌های شوت، پاس و دریبل را در آنان توسعه بخشد؟ آیا چنین هم‌آوردی دوسویه، در هیچ‌یک از دو رویکرد، به‌طور کامل محقق نشده است؟ سردرگمی مربیان و دست‌اندرکاران، ریشه در نبود شواهد قطعی دارد. این تردید، از آنجا ناشی می‌شود که آنان، همچنان در جستجوی روشی برتر برای آموزش جوانان، میان دو مسیر ناشناخته سرگردان مانده‌اند. در ایران، به‌ویژه در کرمانشاه، کاربست روش غیرخطی، هنوز به سطح نظام‌مند نرسیده است. آنچه اجرا می‌شود، بیشتر بر پایه آزمون و خطا شکل گرفته و نه بر اساس شواهد علمی. این رویکرد تجربی، جای خالی پژوهش‌های میدانی را پر نکرده است. هیچ پژوهش جامعی در ایران، به مقایسه اثربخشی دو روش خطی و غیرخطی در فوتبال نوجوانان نپرداخته است. همچنین، پیوند میان لذت ورزشی و یادگیری مهارت‌ها، همچنان در هاله‌ای از ابهام باقی مانده و به‌طور کامل واکاوی نشده است. یادگیری مهارت‌های پایه، بدون کسب تدریجی توانایی‌های حرکتی اولیه، میسر نیست. این فرایند، به‌عنوان زیربنای عملکرد بهتر در رشته‌هایی چون فوتبال، شناخته می‌شود (میراندا، ۲۰۱۳). یادگیری مستمر، فرایندی پویا و دایمی است که از ریشه‌های پایداری و رشد شخصی نشأت می‌گیرد. این فرایند نه تنها به عنوان ابزاری برای کسب دانش جدید، بلکه به عنوان مبنایی

برای توسعه مهارت های حل مسئله، تطبیق پذیری و نوآوری عمل می کند (زارع جویباری، ۱۴۰۳). هیچ پیشرفتی در ورزش، بدون چنین یادگیری ای، پایدار نخواهد بود. سنجش قابلیت های حرکتی، از طریق آزمون های ایفرد و مشاهده عملکرد، انجام می پذیرد. هیچ ارزیابی ای، بدون این ابزارها، به عنوان معیار نهایی یادگیری، پذیرفته نخواهد شد.

تأثیر روش های غیرخطی بر تجارب ورزشی نوجوانان، در این پژوهش، نه به صورت سطحی، که با رویکردی تحلیلی واکاوی می شود. عوامل مؤثر بر این تجارب، از دل داده ها استخراج خواهند شد. الگوهای بهینه آموزش فوتبال، با تأکید خاص بر دو مؤلفه لذت و یادگیری، در کانون هدف این تحقیق جای گرفته اند. هیچ الگوی ناکارآمدی، بدون آزمون عملی، پذیرفته نخواهد شد (کوریا، ۲۰۱۹). انتخاب آگاهانه روش های آموزشی، با تکیه بر شواهد علمی، از دستاوردهای این پژوهش خواهد بود. این دستاورد، می تواند به مربیان و سیاست گذاران در توسعه فرهنگی پویا و پایدار در میان نوجوانان ایرانی یاری رساند. بدون چنین پژوهشی، این مسیر، همچنان در تاریکی تجربه های ناقص باقی می ماند. اهمیت این پژوهش، از اختلاف نظرهای عمیق و خلأهای آشکار در ادبیات تحقیق نشئت می گیرد. بدون پر کردن این خلأ، نمی توان به انتخاب روش آموزشی بهینه برای نوجوانان امید بست. رویکردهای سنتی خطی، اگرچه فراوان به کار می روند، اما باور بسیاری از مربیان و محققان به ناکارآمدی نسبی آنان، روزبه روز پررنگ تر می شود. از سوی دیگر، مدل های نوین غیرخطی، به عنوان جایگزینی کارآمدتر برای ایجاد تجربه یادگیری پویاتر، معرفی شده اند؛ هرچند این ادعا، همچنان نیازمند شواهد میدانی بیشتری است. شواهد کافی برای اثبات برتری روش غیرخطی در فوتبال، همچنان گردآوری نشده است. این کمبود شواهد، ضرورت انجام پژوهش های تکمیلی را در این حوزه، انکارناپذیر می سازد. جامعه ورزشی نوجوانان ایران، در تلاطم تغییرات فرهنگی و اجتماعی، دستخوش دگرگونی های عمیقی شده است. توسعه مهارت های اجتماعی و جسمانی در این گروه سنی، بدون ایجاد محیطی یادگیرنده، ممکن نیست (مهرانمنش و همکاران، ۲۰۲۴). این ضرورت، توجه به رویکردهای نوین آموزشی را به امری اجتنابناپذیر تبدیل کرده است. انگیزه نوجوانان، بدون احساس لذت و رضایت، پایدار نخواهد ماند. این احساس، نه تنها بر تداوم حضور آنان در ورزش های تیمی تأثیر می گذارد، بلکه به عنوان عاملی کلیدی در حفظ اشتیاق آنان، شناسایی شده است. درک نظری عمیق تری از تأثیر روش های آموزشی بر یادگیری و لذت نوجوانان، از جمله دستاوردهای نظری این پژوهش خواهد بود. تأثیر آموزش بر لذت از فعالیت احساس لذت و رضایت، در ورزش، نه یک حاشیه، که یک عامل مرکزی در تداوم مشارکت است. روش های غیرخطی، با ایجاد چالش های متناسب و تنوع هدفمند، این احساس را در نوجوانان، تقویت می کنند. در مقابل، یکنواختی روش های خطی، این احساس را تضعیف می نماید. پژوهش های خارجی متعدد (مان و ویلیامز، ۲۰۱۴؛ رنشاو و همکاران، ۲۰۲۰؛ هرلاندز و هوئرتا، ۲۰۲۱؛ سیفرت و دیویدز، ۲۰۲۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۸) همگی، بر تأثیرات مثبت آموزش غیرخطی بر یادگیری و لذت، تأکید داشته اند. با این حال، هیچ یک از این پژوهش ها، به طور اختصاصی، به مقایسه این دو روش در بافت فرهنگی ایران، نپرداخته اند. در پژوهش های داخلی (قاسمی و نیکوفر، ۱۴۰۰؛ سمیع و مرادی، ۱۴۰۱؛ تهرانی و شریفی، ۱۳۹۹؛ موسوی و احمدی، ۱۳۹۹؛ عزیزی و حسینی، ۱۳۹۸؛ حیدری و یوسفی، ۱۳۹۷)، نیز، برتری روش غیرخطی، در مقایسه با روش خطی، به صورت موردی، گزارش شده است. با این حال، خلأ یک پژوهش جامع با حجم نمونه کافی و طراحی کنترل شده، به ویژه در شهر کرمانشاه، همچنان، احساس می شود. پژوهش حاضر، در راستای پر کردن همین خلأ، طراحی و اجرا گردید.

پژوهش‌های متعدد، نشان داده‌اند که لذت برتر حاصل از تمرینات غیرخطی، به افزایش انگیزه و ماندگاری ورزشکاران، می‌انجامد. این ماندگاری، در غیاب لذت، به سختی، قابل تحقق است. چنین درکی، تاکنون به صورت نظام‌مند ارائه نشده است. تدوین استراتژی‌های مؤثرتر برای آموزش نوجوانان، با بهره‌گیری از نتایج این پژوهش، امکان‌پذیر خواهد شد. بدون چنین داده‌هایی، طراحی برنامه‌های آموزشی، همچنان بر پایه حدس و گمان خواهد بود. بهبود روش‌های آموزش و ارتقای کیفیت تمرینات، از دستاوردهای عملی این پژوهش است. چنین بهبودی، به افزایش مشارکت و موفقیت نوجوانان در ورزش خواهد انجامید؛ امری که در غیاب این پژوهش، به تعویق می‌افتاد.

روش پژوهش:

این پژوهش نیمه تجربی، با دو گروه تجربی و یک گروه کنترل، در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یادداری انجام شد. جامعه آماری شامل نوجوانان پسر ۱۵ تا ۱۸ ساله عضو باشگاه‌های فوتبال کرمانشاه بود. ۹۰ نفر به روش تصادفی ساده انتخاب و به سه گروه ۳۰ نفره (آموزش خطی، آموزش غیرخطی و کنترل) تقسیم شدند. قابلیت‌های حرکتی پایه (پاس، شوت و دریبل) با آزمون‌های استاندارد ایفرد و پرسشنامه لذت از فعالیت جسمانی کینزرسکی و دکارلو (۱۹۹۱) با ۱۸ گویه، سنجیده شد. روایی محتوایی پرسشنامه با نظر کارشناسان و پایایی آن با آلفای کرونباخ ۰/۸۰ تا ۰/۹۰ تأمین شد. هر گروه به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۲ جلسه تحت آموزش قرار گرفتند. برنامه غیرخطی با طرح‌های چالشی، تعاملی، تنوع تمرینات و بازخوردهای مستمر طراحی شد. مهارت‌های پایه در قالب بازی‌های کوچک با دستکاری ابعاد زمین، تعداد بازیکنان و زمان بازی آموزش داده شدند. آموزش‌های خطی به صورت متدیک و گام‌به‌گام سازماندهی شدند.

این پژوهش نیمه تجربی با دو گروه تجربی و یک گروه کنترل، در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یادداری انجام شد. جامعه آماری شامل نوجوانان پسر ۱۵ تا ۱۸ ساله عضو باشگاه‌های فوتبال کرمانشاه در سال ۱۴۰۲ بودند. برای انتخاب نمونه، ابتدا از میان باشگاه‌های فعال سطح شهر، سه باشگاه به صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس از هر باشگاه، ۳۰ نفر به صورت تصادفی ساده انتخاب و در یکی از سه گروه (خطی، غیرخطی و کنترل) قرار گرفتند (تخصیص تصادفی در سطح باشگاه). بدین ترتیب، ۹۰ نفر (هر گروه ۳۰ نفر) وارد مطالعه شدند. معیارهای ورود شامل: داشتن حداقل دو سال سابقه تمرین منظم، عدم سابقه مصدومیت شدید در شش ماه اخیر و رضایت آگاهانه والدین بود. برای سنجش مهارت‌های پایه از آزمون‌های استاندارد ایفرد استفاده شد:

آزمون شوت: از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا از فاصله ۱۱ متری، ۱۰ شوت به سمت چهار هدف مشخص در چهار گوشه دروازه (ابعاد ۱×۲ متر) انجام دهند. نمره بر اساس تعداد شوت‌های دقیق (برخورد با اهداف) ثبت شد (پایایی بازآزمایی: ۰/۸۲).

آزمون پاس: آزمون پاس دقت والی که در آن فرد ۱۰ پاس زمینی و هوایی را به دیوار هدف ارسال کرده و امتیاز بر اساس محل برخورد توپ به مناطق مشخص شده (با کدهای ۱ تا ۵) محاسبه شد (پایایی بازآزمایی: ۰/۸۶).

آزمون دربیبل: آزمون دربیبل ایفرد (محیط ۱۸ متری با ۶ مانع) که در آن زمان انجام دربیبل توسط کرومومتر ثبت گردید (پایایی بازآزمایی: ۰/۹۰).

برای اندازه‌گیری لذت از فعالیت، از پرسشنامه لذت از فعالیت جسمانی کینزرسکی و دکارلو (۱۹۹۱) با ۱۸ گویه و مقیاس ۵ درجه‌ای لیکرت استفاده شد. روایی محتوایی پرسشنامه با نظر ۱۰ نفر از متخصصان روانشناسی ورزشی و رفتار حرکتی و با استفاده از شاخص نسبت روایی محتوایی ($CVR = 0/78$) و شاخص روایی محتوایی ($CVI = 0/85$) تأیید شد. پایایی پرسشنامه با استفاده از روش همسانی درونی و محاسبه آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه ($\alpha = 0/88$) و همچنین برای هر یک از ابعاد محاسبه و در سطح مطلوبی گزارش شد. مداخله آموزشی: هر گروه به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۲ جلسه (هر جلسه ۶۰ دقیقه) تحت آموزش قرار گرفتند. هر جلسه شامل ۱۵ دقیقه گرم‌کردن، ۴۰ دقیقه تمرینات اصلی و ۵ دقیقه سردکردن بود. برنامه‌های آموزشی به شرح زیر طراحی شدند:

در گروه آموزش غیرخطی، تمرینات مبتنی بر رویکرد غیرخطی با استفاده از بازی‌های کوچک (SSG) طراحی شد. در این جلسات، ابعاد زمین (۱۵×۲۰ تا ۲۰×۳۰ متر)، تعداد بازیکنان (۳×۳ تا ۵×۵)، قوانین (اجبار به لمس توپ با دست کم ۳ پاس)، اهداف (دروازه‌های کوچک متعدد) و زمان بازی (۳ تا ۵ دقیقه) به صورت هدفمند دستکاری شدند. بازخوردها به صورت سوال محور و اکتشافی (مانند "چگونه می‌توانی فضا را بهتر بپوشانی؟") و با تأکید بر راه‌حل‌های فردی ارائه گردید. ساختار جلسات به سمتی بود که بازیکنان دائماً با مسئله‌های جدید حرکتی و تصمیم‌گیری مواجه شوند.

در گروه آموزش خطی، تمرینات به صورت متدیک، گام‌به‌گام و مبتنی بر تکرار اجرا شد. هر جلسه شامل تمرینات جداگانه برای هر مهارت (پاس، شوت و دربیبل) بود. برای مثال، تمرین شوت شامل شوت‌های ایستگاهی از فواصل ثابت و با پای مشخص، تمرین پاس به صورت پاس‌های دوتایی در مسیرهای مستقیم و تمرین دربیبل شامل دربیبل بین موانع ثابت با یک الگوی حرکتی تکراری انجام می‌گرفت. بازخوردها به صورت مستقیم و اصلاحی (مانند "پای خود را بیشتر باز کن"، "توپ را با پنجه بزن") و با تأکید بر الگوی صحیح حرکت ارائه می‌شد. تعداد تکرارها و ست‌ها در هر جلسه ثابت و از قبل تعیین شده بود.

در گروه کنترل هیچ مداخله تمرینی خاصی در طول دوره دریافت نکردند و صرفاً تمرینات معمول باشگاهی خود را که عمدتاً به صورت سنتی (خطی) بود، ادامه دادند. اما برای کنترل اثر تمرینات معمول، محتوای تمرینات آن‌ها ثبت و در تحلیل‌های نهایی به عنوان یک عامل مخدوش‌گر احتمالی مد نظر قرار گرفت.

پیش‌آزمون یک هفته قبل از شروع مداخلات، پس‌آزمون ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی و آزمون یادداری دو هفته پس از اتمام مداخله (بدون هیچ جلسه تمرینی) برگزار گردید. برای تحلیل داده‌های آزمون یادداری، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای بررسی اثر زمان (پیش‌آزمون، پس‌آزمون، یادداری)، اثر گروه و اثر تعاملی استفاده شد. در صورت معناداری اثر تعاملی، از آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه زوجی مراحل استفاده گردید. همچنین برای مقایسه نمرات پس‌آزمون و یادداری در هر گروه، از آزمون تی وابسته استفاده شد تا میزان افت یا تثبیت یادگیری مشخص گردد.

با توجه به ماهیت طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با سه گروه، برای تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) استفاده شد تا اثر هم‌زمان مداخله بر ترکیب متغیرهای وابسته (شوت، پاس، دربیبل و لذت) بررسی شود. نمرات پیش‌آزمون هر متغیر به عنوان کوواریت (متغیر کمکی) در مدل وارد شدند تا اثر تفاوت‌های اولیه بین گروه‌ها کنترل گردد. پیش از اجرای MANCOVA، مفروضات آن شامل طبیعی بودن توزیع داده‌ها (آزمون شاپیرو-ویلک)، همگنی واریانس‌ها (آزمون لوین)، همگنی ماتریس کوواریانس (آزمون باکس) و همگنی شیب رگرسیون (بررسی اثر تعاملی گروه ×

پیش‌آزمون) مورد بررسی قرار گرفتند و تمامی مفروضات تأیید شدند ($P < 0/05$). در صورت معناداری آزمون MANCOVA، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره (ANCOVA) برای هر یک از متغیرهای وابسته به صورت جداگانه استفاده گردید. برای مقایسه‌های زوجی بین سه گروه، از آزمون تعقیبی بونفرونی با تعدیل سطح معناداری ($0/05$) تقسیم بر تعداد مقایسه‌ها (یعنی $0/017$) استفاده شد تا از افزایش احتمال خطای نوع اول جلوگیری گردد. کلیه تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و در سطح معناداری $0/05$ انجام گرفت.

یافته‌های پژوهش:

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی:

سه گروه، از نظر سن، قد و وزن، همگن بودند ($P < 0/05$). میانگین سن، حدود ۶/۱۶ سال، میانگین قد، حدود ۱۷۵ سانتی‌متر و میانگین وزن، حدود ۶۵ کیلوگرم، محاسبه گردید. این همگنی، امکان نسبت‌دادن تفاوت‌های پس‌آزمون را به مداخله تمرینی، فراهم آورد (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان.

ویژگی	گروه آموزش خطی	گروه آموزش غیرخطی	گروه کنترل
تعداد نفرات	۳۰	۳۰	۳۰
میانگین سن (سال)	۱۶.۵	۱۶.۷	۱۶.۶
میانگین قد (سانتی‌متر)	۱۷۵	۱۷۶	۱۷۴
میانگین وزن (کیلوگرم)	۶۵	۶۶	۶۴

توصیف متغیرهای پژوهش:

نتایج داده‌های MANCOVA نشان داد که همگنی ماتریس کوواریانس بر اساس آزمون ام باکس ($M = 25/45$) ام باکس، و داده همگنی شیب رگرسیون (تعامل گروه $\times$ پیش‌آزمون برای همه متغیرها غیرمعنادار بود؛ $P < 0/05$) تأیید شدند. نتایج آزمون MANCOVA نشان داد که پس از کنترل نمرات پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین سه گروه در ترکیب خطی متغیرهای وابسته وجود دارد (ویلکز لامبدا = $0/24$ ، $P > 0/001$ ، $F(2,84) = 14/35$ ، مجذور اتا = $0/76$). به عبارت دیگر، حدود ۷۶ درصد از واریانس ترکیب متغیرهای وابسته توسط عضویت گروهی تبیین می‌شود.

نتایج تحلیل‌های تک‌متغیره (ANCOVA) نشان داد که پس از کنترل نمرات پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین سه گروه در تمامی متغیرهای وابسته وجود دارد (جدول ۲). به عنوان مثال، در متغیر شوت، مقدار F با درجه آزادی (۲، ۸۶) برابر با $53/62$ و سطح معناداری کمتر از $0/001$ بود که نشان‌دهنده تفاوت بسیار معنادار بین گروه‌هاست. به طور مشابه، برای متغیرهای پاس ($F = 48/28$)، دربیبل ($F = 42/85$) و لذت از فعالیت ($F = 52/24$) نیز تفاوت‌های معناداری مشاهده شد.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس تک‌متغیره (ANCOVA) برای مقایسه سه گروه در متغیرهای وابسته. عملکرد برتر گروه غیرخطی، در تمامی مهارت‌های پایه (شوت، پاس و دربیبل)، در مقایسه با دو گروه دیگر، به وضوح، مشهود بود. هیچ‌یک از دو گروه خطی

و کنترل، به چنین سطحی از عملکرد، دست نیافتند. میانگین زمان اجرا در گروه غیرخطی، برای شوت (۱/۵ ثانیه)، پاس (۲/۲ ثانیه) و دریبل (۲/۵ ثانیه)، کم‌تر از دو گروه دیگر بود.

همچنین، درصد موفقیت این گروه، در هر سه مهارت (شوت: ۸۵٪، پاس: ۹۰٪، دریبل: ۸۵٪)، بالاتر از گروه‌های خطی و کنترل، ثبت گردید. میانگین لذت گزارش شده توسط گروه غیرخطی (میانگین: ۴/۱۲)، به‌طور چشم‌گیری، از دو گروه دیگر (خطی: ۳/۴۵، کنترل: ۲/۸۹)، فراتر رفت. چنین تفاوت چشم‌گیری، در گروه‌های خطی و کنترل، مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره (ANCOVA) برای مقایسه سه گروه در متغیرهای وابسته.

متغیر وابسته	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معناداری	مجذور اتا	توان آماری
شوت (دقت)	پیش‌آزمون	۶/۱۲۴۵	۱	۶/۱۲۴۵	۱۸۴/۵۸	<۰/۰۰۱	۰/۶۸	۰/۹۹
	گروه	۸/۳۶۲۴	۲	۴/۱۸۱۲	۵۳/۶۲	<۰/۰۰۱	۰/۷۲	۰/۹۹
	خطا	۴/۵۷۹	۸۶	۶/۷۴				
پاس (دقت)	پیش‌آزمون	۳/۹۸۷	۱	۳/۹۸۷	۱۴۲/۵۱	<۰/۰۰۱	۰/۶۲	۰/۹۹
	گروه	۵/۲۷۲۰	۲	۲/۱۳۶۰	۴۸/۲۸	<۰/۰۰۱	۰/۶۸	۰/۹۹
	خطا	۵/۲۴۲۰	۸۶	۱۵/۲۸				
دریبل (زمان)	پیش‌آزمون	۵/۸۴	۱	۵/۸۴	۱۵۲/۴۲	<۰/۰۰۱	۰/۶۴	۰/۹۹
	گروه	۱۸/۶۰	۲	۹/۳۰	۴۲/۸۵	<۰/۰۰۱	۰/۷۵	۰/۹۹
	خطا	۲۸/۳	۸۶	۰/۰۴				
لذت از فعالیت	پیش‌آزمون	۴۵/۲	۱	۲/۴۵	۲۱۸/۴۶	<۰/۰۰۱	۰/۷۲	۰/۹۹
	گروه	۴۵/۲۴	۲	۱۲/۲۲	۵۲/۲۴	<۰/۰۰۱	۰/۷۸	۰/۹۹
	خطا	۰/۹۶	۸۶	۰/۱۰				

توجه: در متغیر دریبل، زمان کمتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر است. مقدار F، مربوط به اثر اصلی گروه پس از کنترل کوواریت است.

جدول ۲. نتایج گروه آموزشی در تمامی مهارت‌ها (پاس، شوت و دریبل).

مهارت	گروه	زمان انجام (ثانیه)	دقت (درصد)	گروه	میانگین لذت	انحراف معیار
پاس	آموزش خطی	2.5	80 درصد	آموزش خطی	3.45	0.67
	آموزش غیرخطی	2.2	90 درصد			
	گروه کنترل	2.8	۷0 درصد			
شوت	آموزش خطی	1.8	75 درصد	آموزش غیرخطی	4.12	0.56
	آموزش غیرخطی	1.5	85 درصد			
	گروه کنترل	2.0	65 درصد			
دریبل	آموزش خطی	3.0	70 درصد	گروه کنترل	2.89	0.73
	آموزش غیرخطی	2.5	85 درصد			
	گروه کنترل	3.5	60 درصد			

آزمون طبیعی بودن توزیع داده‌ها:

نرمال بودن توزیع داده‌ها، توسط آزمون شاپیرو-ویلک ($P < 0.05$)، تأیید شد. این تأیید، پیش فرض استفاده از آزمون‌های پارامتریک را برآورده ساخت. هیچ دلیلی برای ردّ نرمال بودن داده‌ها، یافت نشد. همگنی واریانس‌ها، با آزمون لوین ($0.05 > P$)، به تأیید رسید. این همگنی، پیش فرض دیگر تحلیل واریانس، یعنی ANOVA، را نیز برآورده ساخت. هیچ نشانه‌ای از ناهمگنی واریانس‌ها، مشاهده نشد. برای تحلیل اثرات بین گروهی، از تحلیل واریانس یک راهه (ANOVA) و آزمون تی مستقل، و برای مقایسه درون گروهی، از آزمون تی وابسته، استفاده گردید. در صورت معنادار شدن اثر اصلی، آزمون تعقیبی توکی، به کار گرفته شد. کلیه تحلیل‌ها، با نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ و در سطح خطای ۰/۰۵، انجام پذیرفت.

با توجه به معناداری اثر گروه در آزمون ANCOVA، برای مقایسه زوجی گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی با تعدیل سطح معناداری استفاده شد. جدول ۳ نتایج این مقایسه‌ها را برای هر چهار متغیر وابسته به صورت دقیق نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، در تمامی متغیرها، گروه غیرخطی عملکرد بهتری نسبت به دو گروه خطی و کنترل داشته است ($P > 0.001$). همچنین گروه خطی نیز در اکثر متغیرها عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشته است ($P > 0.05$). این تفاوت‌ها، حاکی از تأثیر مثبت و معنادار هر دو روش آموزشی نسبت به عدم مداخله (گروه کنترل) است، اما شدت تأثیر روش غیرخطی به مراتب بیشتر بوده است.

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه‌های زوجی گروه‌ها در متغیرهای وابسته.

متغیر وابسته	مقایسه گروه‌ها	تفاوت میانگین - ها	خطای استاندارد	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵ برای تفاوت‌ها	توان آماری
شوت (دقت)	غیر خطی < خطی	۸/۳۱	۰/۶۲	< ۰/۰۰۱	(۶/۷۰ و ۹/۹۲)	۰/۹۹
	غیر خطی < کنترل	۱۹/۸۹	۰/۶۲	< ۰/۰۰۱	(۱۸/۴۸ و ۲۱/۳۰)	۰/۹۹
	خطی < کنترل	۱۱/۵۸	۰/۶۲	< ۰/۰۰۱	(۱۰/۱۷ و ۱۲/۹۹)	۰/۹۹
پاس (دقت)	غیر خطی < خطی	۸/۲۰	۰/۷۶	< ۰/۰۰۱	(۶/۴۰ و ۱۰/۰۰)	۰/۹۹
	غیر خطی < کنترل	۱۹/۴۰	۰/۷۶	< ۰/۰۰۱	(۱۷/۶۰ و ۲۱/۲۰)	۰/۹۹
	خطی < کنترل	۱۱/۲۰	۰/۷۶	< ۰/۰۰۱	(۹/۴۰ و ۱۳/۰۰)	۰/۹۹
دریبل (زمان)	غیر خطی > خطی	-۰/۵۰	۰/۶۰	< ۰/۰۰۱	(-۰/۶۳ و -۰/۳۷)	۰/۹۹
	غیر خطی > کنترل	-۱/۰۰	۰/۶۰	< ۰/۰۰۱	(-۱/۱۳ و -۰/۸۷)	۰/۹۹
	خطی > کنترل				()	

خطی > کنترل	۰/۵۰	۰/۶۰	< ۰/۰۰۱	(۰/۶۳ و -۰/۳۷)	۰/۹۹
غیر خطی <	۰/۶۰	۰/۶۰	< ۰/۰۰۱	(۰/۷۳ و ۰/۴۷)	۰/۹۹
لذت از فعالیت	۱/۲۳	۰/۶۰	< ۰/۰۰۱	(۱/۱۰ و ۱/۳۶)	۰/۹۹
خطی < کنترل	۰/۶۳	۰/۶۰	< ۰/۰۰۱	(۰/۷۶ و ۰/۵۰)	۰/۹۹

توجه: در متغیر دریبل، تفاوت میانگین منفی نشان دهنده عملکرد بهتر (زمان کم تر) است. تمامی تفاوت ها در سطح $P > ۰/۰۰۱$ معنادار هستند ">" یا "<" نشان دهنده جهت برتری گروه اول نسبت به گروه دوم است.

برای تحلیل داده های آزمون یادداری، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر با عامل درون گروهی زمان (پیش آزمون، پس آزمون، یادداری) و عامل بین گروهی گروه استفاده شد. نتایج نشان داد که اثر تعاملی گروه $\times$ زمان برای هر سه مهارت و متغیر لذت معنادار است ($P > ۰/۰۰۱$). آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه زوجی نشان داد که در گروه غیر خطی، تفاوت بین پس آزمون و یادداری برای هیچ یک از متغیرها معنادار نبود ($P < ۰/۰۵$) که حاکی از تثبیت یادگیری است. در مقابل، در گروه خطی، عملکرد در مهارت دریبل ($P = ۰/۰۳$) و لذت ($P = ۰/۰۴$) بین پس آزمون و یادداری کاهش معناداری نشان داد که بیانگر افت یادگیری بود.

جدول ۲. آماره های آزمون (شاپیرو-ویلک) جهت طبیعی بودن توزیع داده ها و آزمون T وابسته مقایسه درون گروهی.

گروه	آزمون t وابسته برای میانگین ها					
	p-value (شاپیرو-ویلک)	میانگین نمره	انحراف	متغیر	T	میانگین قبل از آموزش / میانگین بعد از آموزش
آموزش خطی	0.074	۷۵.۴	۵.۲	لذت از فعالیت	- 8.12	2.90 / 4.15
آموزش غیر خطی	0.063	۸۵.۶	۴.۸	یادگیری مهارت شوت	- 7.95	2.50 / 4.00
کنترل	0.081	۷۰.۳	۶.۱	یادگیری مهارت پاس	- 7.85	2.70 / 4.10
				یادگیری مهارت دریبل	- 8.00	2.60 / 4.05

وجود تفاوت معنادار بین گروه‌ها، توسط آزمون ANOVA ($P > 0.05$)، تأیید شد. رد فرضیه صفر، در سطح اطمینان ۰.۹۵، امکان پذیر گردید. افزایش معنادار لذت ($F = 25/67, P > 0.001$)، شوت ($F = 30/45, P > 0.001$)، پاس ($F = 28/12, P > 0.001$) و دریبل ($F = 29/78, P > 0.001$)، همگی، در گروه غیرخطی، به ثبوت رسید. هیچ یک از این افزایش‌ها، در گروه‌های خطی و کنترل، با چنین شدتی، مشاهده نگردید. نتایج آزمون تی وابسته، نشان دهنده بهبود معنادار درون گروهی در هر دو گروه تجربی، در تمامی متغیرها، بود ($P > 0.001$). آزمون تعقیبی توکی، نشان داد که گروه غیرخطی، به طور معناداری، از گروه خطی و کنترل، بهتر عمل کرده است ($P > 0.001$). همچنین، گروه خطی، نسبت به کنترل، عملکرد بهتری داشت ($P > 0.05$). مقایسه اثربخشی دو روش، در جدول ۳، ارائه شده است. میانگین نمرات گروه غیرخطی، در تمامی متغیرها، به طور معنادار ($P > 0.001$) از گروه خطی، بالاتر بود. این برتری، به عنوان شاهدی بر اثر قوی تر مداخله غیرخطی، تفسیر می گردد. هیچ یک از متغیرها، از این قاعده، مستثنی نبودند.

جدول ۳. نتایج مقایسه اثربخشی آموزش خطی و غیرخطی بر میزان لذت و یادگیری مهارت‌های پایه فوتبال.

متغیر	گروه آموزش خطی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	گروه آموزش غیرخطی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	P-value
لذت از فعالیت	3.20 ± 0.45	4.15 ± 0.50	< 0.001
یادگیری مهارت شوت	2.80 ± 0.60	4.00 ± 0.55	< 0.001
یادگیری مهارت پاس	3.00 ± 0.50	4.10 ± 0.45	< 0.001
یادگیری مهارت دریبل	2.90 ± 0.55	4.05 ± 0.50	< 0.001

بحث و نتیجه گیری:

یافته‌های پژوهش حاضر به وضوح نشان داد که آموزش غیرخطی در مقایسه با روش خطی، تأثیر معنادار و بیشتری بر افزایش لذت از فعالیت و بهبود یادگیری مهارت‌های پایه فوتبال (شوت، پاس و دریبل) در نوجوانان داشته است. این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های پیشین (مانند دیویدز و همکاران، ۲۰۰۸؛ رنشاو و همکاران، ۲۰۱۰؛ کوریا و همکاران، ۲۰۱۹) همسو بوده و بر مزیت رویکرد غیرخطی در ایجاد محیط‌های غنی و چالش برانگیز که منجر به کشف و حل مسئله توسط یادگیرنده می‌شود،

تأکید دارد. استفاده از روش آماری MANCOVA و کنترل نمرات پیش آزمون به عنوان کووریت، اطمینان از صحت نتایج را افزایش داده و نشان می‌دهد که تفاوت‌های مشاهده شده در پس آزمون، ناشی از تفاوت‌های اولیه نبوده و واقعاً به مداخلات آموزشی مربوط است. برتری گروه غیرخطی در هر سه مهارت و همچنین در متغیر لذت، می‌تواند به دلیل ماهیت پویا و متنوع تمرینات در این رویکرد باشد. در روش غیرخطی، با دستکاری عوامل محیطی و تکلیفی، بازیکنان مجبور به انطباق مداوم با شرایط جدید می‌شوند که این امر ضمن افزایش انگیزه و لذت، به شکل‌گیری طرح‌های حرکتی انعطاف‌پذیرتر و پایدارتر کمک می‌کند (دیویدز و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی با تعدیل سطح معناداری، این برتری را در مقایسه‌های زوجی به‌طور دقیق تأیید کرد و نشان داد که گروه غیرخطی به‌طور معناداری از هر دو گروه خطی و کنترل بهتر عمل کرده است. در مقابل، یکنواختی و تکرار صرف در روش خطی، علی‌رغم ایجاد بهبود اولیه، نتوانسته است سطح عملکرد و لذت را به اندازه گروه غیرخطی ارتقا دهد و حتی در آزمون یادداری، نشانه‌هایی از افت عملکرد مشاهده شد. قابل ذکر است که روش خطی نیز نسبت به گروه کنترل (عدم مداخله) تأثیر مثبت داشته است که نشان‌دهنده کارآمدی نسبی هر دو روش است. اما شدت تأثیر روش غیرخطی به مراتب بیشتر بوده و این تفاوت کیفی در تمامی شاخص‌ها مشهود است. این یافته، به‌ویژه برای مربیان ورزشی حائز اهمیت است، چرا که نشان می‌دهد یادگیری پایدار و عمیق، حاصل مواجهه با تنوع و چالش است، نه صرفاً تکرار یک الگوی ثابت (مهرانمنش و همکاران، ۲۰۲۴).

ارتقای چشم‌گیر عملکرد، تسهیل یادگیری مهارت‌ها و افزایش لذت، همگی، در پژوهش‌های گسترده، به تمرینات غیرخطی، نسبت داده شده‌اند. این رویکرد نوین، در غیاب تحقیقات میدانی، نمی‌توانست به چنین جایگاهی دست یابد. تأثیرات مثبت و سازنده تمرینات غیرخطی بر عوامل کلیدی یادگیری و لذت، در پژوهش‌های متعددی (مان و ویلیامز، ۲۰۱۴؛ رنشاو و همکاران، ۲۰۱۰؛ شمپ و گرابر، ۱۹۹۲؛ کرک و مک‌دونالد، ۲۰۰۱؛ لایت، ۲۰۰۴)، به کرات، مورد تأکید قرار گرفته است. هیچ‌یک از این پژوهش‌ها، تأثیر منفی این تمرینات را گزارش نکرده‌اند. تأثیر قابل توجه و معنادار آموزش غیرخطی بر افزایش لذت و تسریع یادگیری مهارت‌های پایه فوتبال، در یافته‌های این پژوهش، مجدداً، به تأیید رسید. چنین تأثیری، در گروه خطی، با این شدت، مشاهده نشد. آموزش غیرخطی، به عنوان عاملی کلیدی و مؤثر در ارتقای مهارت‌های بنیادی و افزایش لذت نوجوانان، در این پژوهش، معرفی شده است. بدون این رویکرد، دستیابی به چنین سطحی از پیشرفت، ممکن نمی‌گشت. اثربخشی هر دو روش خطی و غیرخطی، در مقایسه با گروه کنترل، به تأیید رسید. با این حال، روش غیرخطی، به‌طور معنادار و قوی‌تری، از روش خطی، مؤثرتر بود. این تفاوت کیفی، در تمامی شاخص‌ها، مشهود بود. همسو با پژوهش‌های پیشین (کرک و مک‌فیل، ۲۰۰۳؛ رنشاو و همکاران، ۲۰۱۰)، تأثیرات مثبت و قابل توجه آموزش غیرخطی بر عملکرد و یادگیری مهارت‌ها، در این تحقیق، مجدداً، به صورت قاطع، به ثبوت رسید. هیچ یافته‌ای، خلاف این همسویی، گزارش نشد. یادگیری بهتر و معنادارتر مهارت‌های شوت، پاس و دریبل، در گروه غیرخطی، در قیاس با گروه خطی، به وضوح، مشهود بود. چنین برتری‌ای، در هیچ‌یک از مهارت‌های گروه خطی، دیده نشد. لذت و رضایت بسیار بیشتری، توسط گروه غیرخطی، از جلسات تمرینی، گزارش شد. گروه خطی، به چنین سطحی از لذت، دست نیافت. آموزش غیرخطی، هم‌زمان، دو دستاورد کلیدی را به ارمغان می‌آورد: افزایش لذت و بهبود مهارت‌های پایه. هیچ‌یک از این دستاوردها، در رویکرد خطی، با چنین

جامعیتی، حاصل نشده است. تأثیرات مثبت آموزش غیرخطی بر افزایش لذت و بهبود یادگیری مهارت‌های فوتبال، در میان نوجوانان کرمانشاهی، به وضوح، در این پژوهش، به نمایش درآمد. چنین تأثیرات مثبتی، در گروه خطی، با این شدت، مشاهده نشد. آموزش غیرخطی، نه تنها لذت و رضایت را ارتقا می‌بخشد، بلکه در یادگیری مهارت‌های پایه، مؤثرتر از روش خطی عمل می‌کند. این رویکرد، می‌تواند انگیزه و مشارکت نوجوانان را به طور چشم‌گیری، افزایش دهد. بدون این رویکرد، چنین افزایش چشم‌گیری، قابل انتظار نخواهد بود.

افزایش مؤثرتر لذت و مهارت‌های فوتبال، در گروه غیرخطی، در مقایسه با دو گروه خطی و کنترل، به ثبوت رسید. هیچ‌یک از دو گروه دیگر، به این سطح از اثربخشی، دست نیافتند. برتری رویکرد غیرخطی، هم از نظر فنی و هم از نظر روان‌شناختی، توسط یافته‌ها، به وضوح، تأیید شد. هیچ‌یک از فرضیه‌های پژوهش، رد نشدند و همگی، مورد حمایت داده‌ها قرار گرفتند. اثربخشی هر دو روش، در بهبود مهارت‌ها، مشاهده شد. با این حال، تأثیر بیشتر روش غیرخطی در افزایش لذت و سرعت یادگیری، به وضوح، قابل تشخیص بود. روش خطی، در این دو حوزه، به پای غیرخطی، نرسید. به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که آموزش غیرخطی با فراهم آوردن بستری برای اکتشاف و خلاقیت، ضمن افزایش لذت و انگیزه ذاتی، منجر به یادگیری مؤثرتر و ماندگارتر مهارت‌های پایه فوتبال در نوجوانان می‌شود.

پیشنهادهای برگرفته از پژوهش:

استفاده از بازی‌های کوچک (SSG) با شرایط تغییرپذیر، به جای تمرینات تک‌مهارتی خطی، حداقل دو جلسه در هفته، به مربیان فوتبال نوجوانان کرمانشاه، توصیه می‌شود. بدون این تغییر، نمی‌توان به بهبود چشمگیر یادگیری، امید بست. به کارگیری رویکردهای غیرخطی در تدوین برنامه‌های ورزشی نوجوانان، به دولت و آموزش و پرورش، پیشنهاد می‌گردد. نادیده گرفتن این رویکردها، به معنای محروم کردن نوجوانان از یک فرصت یادگیری کارآمد است. یافته‌ها، مربیان را به بهبود روش‌های آموزشی خود، برای دستیابی به نتایج بهتر، ترغیب می‌کنند.

پیشنهادهای تحقیقاتی:

انجام مطالعات طولی با نمونه‌های بزرگ‌تر، برای دستیابی به نتایج قابل تعمیم‌تر و ایجاد الگوهای آموزشی مؤثرتر، پیشنهاد می‌گردد. بدون چنین مطالعاتی، تعمیم نتایج، با محدودیت، مواجه خواهد بود. بررسی اثرات آموزش غیرخطی در سایر رشته‌های ورزشی و سنین مختلف، به عنوان یک مسیر پژوهشی پیشنهادی، مطرح می‌شود. مطالعه تأثیرات اجتماعی و روانی آموزش غیرخطی بر نوجوانان، می‌تواند به درک عمیق‌تری از ابعاد این رویکرد، منجر شود. بررسی کاربرد فناوری‌های نوین در آموزش غیرخطی، به عنوان زمینه‌ای بکر برای پژوهش، معرفی می‌گردد. برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای مربیان فوتبال، به منظور آشنایی با روش‌های غیرخطی، پیشنهاد می‌شود.

محدودیت‌های تحت کنترل:

عدم همکاری کافی از سوی برخی از شرکت کنندگان، به دلیل فشردگی برنامه‌های درسی و امتحانات، به عنوان یک محدودیت تحت کنترل، شناسایی شد. احتیاط در تعمیم نتایج به سایر رشته‌ها، به دلیل انجام پژوهش بر روی نوجوانان، به عنوان محدودیت دیگر، در نظر گرفته شد.

محدودیت‌های خارج از کنترل:

اثر احتمالی وقایع خاص بر پاسخ‌های شرکت کنندگان در پرسشنامه‌ها، به عنوان یک محدودیت خارج از کنترل، مد نظر قرار گرفت. عدم کنترل ویژگی‌های روان‌شناختی شرکت کنندگان (مانند ویژگی‌های شخصیتی و اخلاقی)، که ممکن است بر متغیرهای پژوهش، تأثیرگذار باشند، به عنوان محدودیت دیگر، شناسایی شد. حجم نمونه (۹۰ نفر)، به عنوان یکی از محدودیت‌های پژوهش، شناسایی شد. این محدودیت، می‌تواند تعمیم‌پذیری نتایج را تحت تأثیر قرار دهد و بدون نمونه‌های بزرگ‌تر، نمی‌توان به تعمیم قطعی، دست یافت. دوره آموزشی ۸ هفته‌ای، به عنوان محدودیت زمانی پژوهش، در نظر گرفته شد. این مدت، ممکن است برای مشاهده تغییرات بلندمدت، کافی نباشد و بدون دوره‌های طولانی‌تر، نمی‌توان به پایداری نتایج، اطمینان یافت. عدم ارزیابی عوامل مؤثر بیرونی، مانند وضعیت روحی و انگیزشی نوجوانان، و محدود بودن جامعه آماری به شهر کرمانشاه، به عنوان محدودیت‌های دیگر، مطرح شدند. تنوع فرهنگی و جغرافیایی، به عنوان عاملی محدودکننده در تعمیم نتایج، در نظر گرفته شد. تأثیر احتمالی متغیرهای خارجی کنترل نشده، مانند شرایط اجتماعی و اقتصادی نوجوانان، به عنوان محدودیت نهایی، شناسایی گردید.

ارتقای چشم‌گیر عملکرد، تسهیل یادگیری مهارت‌ها و افزایش لذت، همگی، در پژوهش‌های گسترده، به تمرینات غیرخطی، نسبت داده شده‌اند. این رویکرد نوین، در غیاب تحقیقات میدانی، نمی‌توانست به چنین جایگاهی دست یابد. تأثیرات مثبت و سازنده تمرینات غیرخطی بر عوامل کلیدی یادگیری و لذت، در پژوهش‌های متعددی (مان و ویلیامز، ۲۰۱۴؛ رنشاو و همکاران، ۲۰۱۰؛ شمپ و گرابر، ۱۹۹۲؛ کرک و مک‌دونالد، ۲۰۰۱؛ لایت، ۲۰۰۴)، به کرات، مورد تأکید قرار گرفته است. هیچ‌یک از این پژوهش‌ها، تأثیر منفی این تمرینات را گزارش نکرده‌اند. تأثیر قابل توجه و معنادار آموزش غیرخطی بر افزایش لذت و تسریع یادگیری مهارت‌های پایه فوتبال، در یافته‌های این پژوهش، مجدداً، به تأیید رسید. چنین تأثیری، در گروه خطی، با این شدت، مشاهده نشد. آموزش غیرخطی، به عنوان عاملی کلیدی و مؤثر در ارتقای مهارت‌های بنیادی و افزایش لذت نوجوانان، در این پژوهش، معرفی شده است. بدون این رویکرد، دستیابی به چنین سطحی از پیشرفت، ممکن نمی‌گشت. اثربخشی هر دو روش خطی و غیرخطی، در مقایسه با گروه کنترل، به تأیید رسید. با این حال، روش غیرخطی، به طور معنادار و قوی‌تری، از روش خطی، مؤثرتر بود. این تفاوت کیفی، در تمامی شاخص‌ها، مشهود بود. همسو با پژوهش‌های پیشین (کرک و مک‌فیل، ۲۰۰۳؛ رنشاو و همکاران، ۲۰۱۰)، تأثیرات مثبت و قابل توجه آموزش غیرخطی بر عملکرد و یادگیری

مهارت‌ها، در این تحقیق، مجدداً، به صورت قاطع، به ثبوت رسید. هیچ یافته‌ای، خلاف این همسویی، گزارش نشد. یادگیری بهتر و معنادارتر مهارت‌های شوت، پاس و دریبل، در گروه غیرخطی، در قیاس با گروه خطی، به وضوح، مشهود بود. چنین برتری‌ای، در هیچ یک از مهارت‌های گروه خطی، دیده نشد. لذت و رضایت بسیار بیشتری، توسط گروه غیرخطی، از جلسات تمرینی، گزارش شد. گروه خطی، به چنین سطحی از لذت، دست نیافت. آموزش غیرخطی، هم‌زمان، دو دستاورد کلیدی را به ارمغان می‌آورد: افزایش لذت و بهبود مهارت‌های پایه. هیچ یک از این دستاوردها، در رویکرد خطی، با چنین جامعیتی، حاصل نشده است. تأثیرات مثبت آموزش غیرخطی بر افزایش لذت و بهبود یادگیری مهارت‌های فوتبال، در میان نوجوانان کرمانشاهی، به وضوح، در این پژوهش، به نمایش درآمد. چنین تأثیرات مثبتی، در گروه خطی، با این شدت، مشاهده نشد. آموزش غیرخطی، نه تنها لذت و رضایت را ارتقا می‌بخشد، بلکه در یادگیری مهارت‌های پایه، مؤثرتر از روش خطی عمل می‌کند. این رویکرد، می‌تواند انگیزه و مشارکت نوجوانان را به طور چشمگیری، افزایش دهد. بدون این رویکرد، چنین افزایش چشم‌گیری، قابل انتظار نخواهد بود.

افزایش مؤثرتر لذت و مهارت‌های فوتبال، در گروه غیرخطی، در مقایسه با دو گروه خطی و کنترل، به ثبوت رسید. هیچ یک از دو گروه دیگر، به این سطح از اثربخشی، دست نیافتند. برتری رویکرد غیرخطی، هم از نظر فنی و هم از نظر روان‌شناختی، توسط یافته‌ها، به وضوح، تأیید شد. هیچ یک از فرضیه‌های پژوهش، رد نشدند و همگی، مورد حمایت داده‌ها قرار گرفتند. اثربخشی هر دو روش، در بهبود مهارت‌ها، مشاهده شد. با این حال، تأثیر بیشتر روش غیرخطی در افزایش لذت و سرعت یادگیری، به وضوح، قابل تشخیص بود. روش خطی، در این دو حوزه، به پای غیرخطی، نرسید.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله، نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی را از کلیه کسانی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، به عمل می‌آورند.

منابع:

۱. ابدالی فر، امین، پروین پور، شهاب، واعظ موسوی، & سید محمد کاظم. (۲۰۲۲). مقایسه تأثیر روش‌های خطی و غیرخطی بر شایستگی حرکتی واقعی و ادراک شده کودکان. دوماهنامه علمی-پژوهشی طب توانبخشی، ۱۱(۴)، ۶۲۶-۶۳۹.
۲. زارع جویباری، رعنا، ۱۴۰۳، شناخت و اهمیت یادگیری مستمر و رشد پایدار در دانش آموزان، نهمین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در آموزش و پژوهش، محمودآباد، <https://civilica.com/doc/2241416>
3. Naseri, E., Aqababae, E., Kianpur, M., & Sayyad, A. (2022). Embodiment and Self-Experience in Iranian Cinema: A phenomenological Study of Six Films from the 1980s to the 2010s. *Journal of Applied Sociology*, 33(3), 51-82.
5. de Villarreal, E. S., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903.
8. Miranda, R. E. E. P. C., Antunes, H. K. M., Pauli, J. R., Puggina, E. F., & Da Silva, A. S. R. (2013). Effects of 10-week soccer training program on anthropometric, psychological, technical skills and specific performance parameters in youth soccer players. *Science & Sports*, 28(2), 81-87.
11. Correia, V., Carvalho, J., Araújo, D., Pereira, E., & Davids, K. (2019). Principles of nonlinear pedagogy in sport practice. *Physical education and sport pedagogy*, 24(2), 117-132.
13. Mehranmanesh, M., Vaez Mousavi, S. M. K., & Aslankhani, M. A. (2024). Outcomes of Linear and Non-Linear Pedagogy in Learning Sport and Motor Skills: A Systematic Review. *Motor Behavior*, 16(55), 75-108.

Comparing the effectiveness of linear and nonlinear training on the enjoyment of the activity and learning of basic soccer skills in adolescents

Behshad Panjehzadeh^{1*}

1. PhD in Sport Biomechanics, Department of Sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract:

The present study was designed and implemented to compare the effectiveness of two linear and nonlinear training methods on the enjoyment of activity and learning basic soccer skills (shooting, passing, and dribbling) in 15- to 18-year-old male adolescents in Kermanshah. Methodology: This quasi-experimental study was conducted with a pretest-posttest design and a control group. 90 adolescent soccer players were selected by simple random sampling and assigned to three groups of 30. The experimental groups were trained for 8 weeks (2 sessions per week). Data were collected using practical soccer skills tests and a questionnaire on enjoyment of physical activity. Data analysis was performed using multivariate analysis of covariance (MANCOVA) and univariate analysis of covariance (ANCOVA) with pretest scores as covariates, as well as Bonferroni's post hoc test for pairwise comparisons. Findings: MANCOVA results showed that there was a significant difference between the three groups in the linear combination of dependent variables (Wilks Lambda = 0.24, $P < 0.001$, $F = (2.84)14.35$). ANCOVA results also showed that after controlling for the pretest effect, there was a significant difference between the groups in all dependent variables ($P < 0.001$). Bonferroni post hoc test results with adjusted significance level ($\alpha = 0.017$) showed that the nonlinear group performed significantly better than the other two groups in all variables ($P < 0.001$). Conclusion: Nonlinear training simultaneously brings two key achievements: increased enjoyment and improved basic skills. It is recommended for sports coaches and planners to use this method to increase motivation and quality of learning.

Keywords: Nonlinear learning, linear learning, enjoyment of activity, basic soccer skills, adolescents.

* Correspondence: behshadpanjehzadeh@gmail.com

صفحات ۹۲-۱۰۴

تأثیر شش هفته تمرین در آب بر درد و ناتوانی افراد با کمر درد مزمن غیر اختصاصی

فریبا بهرامی ایوانکی *

دکتری حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده:

هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین در آب بر درد و ناتوانی افراد با کمر درد مزمن غیر اختصاصی می باشد. نمونه آماری تحقیق شامل ۲۴ نفر است که به دو گروه ۱۲ نفری آزمون و کنترل تقسیم شدند. متغیرهای تحقیق شامل درد و ناتوانی می باشد، ابزار متغیرها شامل پرسشنامه کبک برای سنجش درد و پرسشنامه اوسوستری برای سنجش ناتوانی در پیش آزمون و پس آزمون انجام شد. برنامه تمرین در آب طی ۶ هفته اجرا شد. برای بررسی اثر تمرینات از تجزیه واریانس با اندازه های تکراری و آزمون های t مستقل و وابسته در سطح معنی داری ۰/۰۵ صورت گرفت. انجام تمرینات در آب منجر به کاهش معناداری در میزان درد و ناتوانی در گروه تجربی شد ($p \leq 0/05$). بر اساس یافته های پژوهش، تمرینات در آب میتواند عاملی بر کاهش درد و بهبود ناتوانی در بیماران مبتلا به کمر درد مزمن غیر اختصاصی شود. با توجه به اثرات مثبت تمرینات در آب به متخصصان مربوطه پیشنهاد می شود از این مداخلات به عنوان یک مکمل در کنار فیزیوتراپی و درمان های دارویی برای این بیماران استفاده شود.

واژگان کلیدی: تمرین در آب، درد و ناتوانی، کمر درد

* ایمیل نویسنده مسئول: Fariba.bahrami@ut.ac.ir

مقدمه:

یکی از شایع ترین آسیب هایی که سالانه، بسیاری از مردم سراسر جهان به آن مبتلا هستند کمر درد است (شمسی و همکاران ۱۳۹۶). کمر درد در ابعاد اقتصادی نیز علاوه بر مشکلات جسمی و روانی، لطمات قابل توجهی در نتیجه عدم کارآیی و مصرف دارو و استفاده از خدمات تشخیصی، درمانی، فیزیوتراپی متوجه جامعه مینماید (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۳). در طول دوره کمردرد، به واسطه گوناگونی علل کمردرد، راهکارها و تدابیر درمانی مختلفی از سوی پزشکان و فیزیوتراپها و... به بیماران ارائه میگردد، که البته در کنار تحمیل بار سنگین مالی و زمانی به فرد و خانواده، در بعضی از موارد دارای عوارض جانبی نسبتا زیادی میباشد. نکته قابل تامل این که، علی رغم افزایش چشمگیر کارآزماییهای بالینی در دهه اخیر فقط ۰/۲ درصد از این کارآزماییها به مساله کمر درد میپردازد (۳). در میان راهکارهای درمانی مختلف ارائه شده به منظور کاهش درد و ناتوانی ناشی از کمر درد مزمن، میتوان به تمرین در آب اشاره کرد. تمرین در آب یکی از روشهای درمانی و ورزشی میباشد که به علت داشتن اثرات مثبت آب یک شیوه درمانی منحصر به فرد می باشد (۴). در آب وزن از روی کمر برداشته می شود. از این رومحققین در پی آن بودند که از تمرینات مکزی و تن آرامی و تمرین در آب به عنوان یکی از روشهای کم هزینه نسبت به روشهای پزشکی نظیر جراحی و دارودرمانی استفاده نمایند. (اثباتی و همکاران ۱۳۹۸). پاکر (۲۰۰۳) براین اعتقاد است که تمریناتی که در آن ها وزن بدن تحمل نمی شود گزینه خوبی برای کاهش کمردرد هستند و فرد در صورتی می تواند ورزش را در کنترل خود قرار دهد که در داخل آب قرار بگیرد (پاکر، ۲۰۰۳). در حالیکه اولسون (۲۰۱۰) تمرین در آب و خشکی را همسان میدانند (اولسون، ۲۰۱۰). آب به دلیل خاصیت ویسکوزیته بیشتر نسبت به هوا مقاومت بیشتری دارد، از این رو باز خورد حسی را افزایش داده و باعث بالا رفتن بیشتر حس آگاهی میشود (هوک و همکاران، ۲۰۱۳). تمرینات در آب با افزایش ثبات در تنه، بهبود در کنترل عصبی عضلانی و کاهش شدت درد و ناتوانی می تواند منجر به بهبود در الگوی کنترل حرکتی ناحیه کمری لگنی در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن شود. در حقیقت با توجه به اینکه نیروهای مفاصل مفاصل به جای اینکه توسط لیگامانهای موضعی و یا فعال سازی باز خوردی عضلات موضعی کنترل شوند، بیشتر توسط الگوهای فعال سازی عضلانی از قبل تعیین شده و گشتاورهای فعل و انفعالی که در عضلات مرکزی ایجاد می شوند کنترل میشوند، تمرینات در آب منجر به ایجاد یک الگوی دقیق فعال شده که در نهایت میتواند باعث کنترل دقیقتر عملکرد ورزشی این بیماران شوند (پاکر و همکاران، ۲۰۰۳).

1- Nachman

2- Benjamin Waller

با این حال پژوهشی که تاثیر شرکت در برنامه تمرین در آب بر درد و ناتوانی افراد دارای کمر درد مزمن غیر اختصاصی را مورد بررسی قرار دهد، انجام نشده است. با توجه به مطالب گفته شده، هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین در آب بر درد و ناتوانی افراد با کمر درد مزمن غیر اختصاصی می باشد.

روش پژوهش:

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی می باشد. جامعه آماری تحقیق، شامل زنان ۲۵ تا ۴۰ سال شهر قزوین با کمر درد مزمن غیر اختصاصی بودند نمونه آماری از نوع در دسترس و هدفمند بود. به این منظور با استفاده از نرم افزار (G power 3.1.9.2 Freeware. University of Dusseldorf, Dusseldorf, Germany) مبتنی بر آزمون تحلیل واریانس با توان آماری ۸۰ درصد و در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده و حجم نمونه ۲۴ نفر تعیین شد. افراد شرکت کننده به صورت تصادفی به دو گروه ۱۲ نفره تقسیم شد. معیارهای ورود به مطالعه، شامل مبتلا بودن بیمار به کمر درد مزمن غیر اختصاصی، داشتن حداقل ۳ ماه سابقه کمر درد که توسط پزشک متخصص تایید و معرفی شدند و قرار گرفتن در دامنه سنی ۴۰ - ۲۵ سال بود. معیارهای خروج از مطالعه، ابتلا به کمر درد حاد، جراحی ستون فقرات، ابتلا به ناهنجاری های ساختاری مادرزادی مهره و لگن، غیبت ۳ جلسه ای از تمرینات بود. سپس از افرادی که شرایط اولیه جهت شرکت در تحقیق را داشتند خواسته شد تا در صورت تمایل برای انجام بررسی های اولیه در ساعات مشخص شده به آزمایشگاه مراجعه کنند. بعد از مراجعه افراد، پس از اطمینان از رعایت اخلاق در پژوهش و اخذ فرم رضایت نامه کتبی برای اندازه گیری های اولیه و تکمیل فرم جمع آوری اطلاعات به هر فرد یک زمان مشخص داده می شد تا به محل انجام آزمون مراجعه نمایند.

ابزار گردآوری داده ها:

ابزار ارزیابی شدت درد، پرسشنامه Quebec که در مطالعات گذشته، روایی و پایایی این پرسشنامه در سنجش کمر درد مورد تایید قرار گرفته و آن را ۸۴ درصد گزارش نمودند (نیک بین، ایل بیگی ۱۳۹۳) برای ارزیابی شدت ناتوانی، پرسشنامه استاندارد شدت ناتوانی Oswestry disability Index (ODI) می باشد. سنجش شدت درد به این ترتیب می باشد که ۲۵ سوال چهارگزینه ای می باشد که گزینه ها شامل فاقد درد، درد اندک، درد متوسط، درد زیاد و درد شدید می باشد. پرسشنامه اوسوستری که برای سنجش ناتوانی می باشد، از ۱۰ بخش تشکیل شده است و هر بخش ۶ پرسش دارد که به هر پرسش از ۰ تا ۵ نمره تعلق می گیرد. در این پرسشنامه، ناتوانی فرد با توجه به شدت درد، انجام کارهای شخصی (حمام کردن، لباس پوشیدن و...)، بلند کردن اجسام، راه رفتن، نشستن، ایستادن، خوابیدن، زندگی اجتماعی و مسافرت کردن بررسی می شود. نمره آیتم های مختلف با هم جمع و بر عدد ۵۰ تقسیم و در ۱۰۰ ضرب می گردد. در این پرسشنامه، نمره بین ۰-۲۰ به معنای حداقل ناتوانی، ۲۱-۴۰ ناتوانی متوسط، ۴۱-۶۰ ناتوانی شدید، ۶۱-۸۰ بسیار شدید و ۸۱-۱۰۰ (معلول) فلج می باشد.

برنامه تمرینی از جلسه بعد آغاز می‌شد. شش هفته تمرین در آب، هر هفته سه جلسه که گروه تمرینی در آن شرکت می‌کردند. اندازه‌گیری‌های پس از آزمون از هر دو گروه کنترل و تمرینی پس از شش هفته مجدداً صورت می‌گرفت اما گروه کنترل در این فاصله تنها به فعالیت‌های روزمره قبلی خود ادامه می‌داد و هیچ مداخله‌ای روی آنها انجام نشد. سپس داده‌های پیش از آزمون و پس از آزمون مقایسه گردید.

پروتکل تمرینی (بیتس و هانسون ۲۰۰۹) استفاده شد که شامل شش هفته و هر هفته ۳ جلسه و در کل ۱۸ جلسه بود. دمای آب، ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد و عمق آب ۱ تا ۱/۳ متر بود. در این تحقیق، پیشرفت شدت تمرینات بر اساس مقیاس بورگ انجام شد، این مقیاس فشار درک شده در فعالیت ورزشی را به صورت ذهنی و شامل احساس تلاش، فشار، ناراحتی و خستگی اندازه‌گیری می‌کند. تلاش قابل درک ۹ الی ۱۱ از مقیاس استاندارد بورگ مد نظر قرار گرفت. مدت زمان هر جلسه تقریباً ۶۰ دقیقه بود که شامل سه بخش گرم کردن (۱۰ تا ۱۵ دقیقه) تمرینات اصلی (۳۰ تا ۳۵ دقیقه) و سرد کردن (۵ تا ۱۰ دقیقه) شد. تمرینات در ۴ وضعیت: ۱- ایستاده شامل راه رفتن به جلو، راه رفتن به عقب، راه رفتن به طرفین، قدم‌های بلند ۲- نیم خیز شدن شامل دوچرخه زدن، فلکشن و اکستنشن زانو، الگوی تحریک عصبی، الگوی تسهیل کننده دو طرفه اندام تحتانی ۳- طاق باز supine شامل حرکات پای شنا به پشت، در این وضعیت بالاتنه ثابت است ۴- تمرینات تقویتی تنه در آب عمیق شامل راه رفتن در آب، اضافه کردن وزنه در طول راه رفتن، حرکات چرخشی تنه در آب عمیق. اصل اضافه بار و اصل افزایش فشار تدریجی و اصل کاهش شدت تمرین برای چند روز قبل از آزمون نیز انجام شد (خجسته پور و همکاران ۱۳۹۵). (و همچنین برای گروه تجربی، از روش درمانی طبیعی (ناتروپانی) نیز استفاده شد که شامل هفته‌ای یک بار به مدت ۳۰ دقیقه مشاوره خاص رژیم غذایی، سپس، اندازه‌گیری‌های پس از آزمون از هر دو گروه کنترل و تجربی پس از شش هفته مجدداً صورت گرفت. گروه کنترل در این فاصله تنها به فعالیت‌های روزمره قبلی خود ادامه میداد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. در آمار توصیفی از میانگین، انحراف معیار و در آمار استنباطی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مرکب برای بررسی اثر تعاملی و آزمون t مستقل و t همبسته برای بررسی اثرات درون گروهی و بین گروهی استفاده شد.

یافته های پژوهش:

جدول ۱: زیر میانگین و انحراف استاندارد ($X \pm SD$) ویژگی های فردی آزمودنی ها را نشان می دهد.

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد ($\bar{X} \pm SD$) ویژگی های فردی آزمودنی ها

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتیمتر)	وزن (کیلوگرم)
تجربی	۱۲	۳۶/۲±۶۶/۳۰	۱۶۱/۵±۵۰/۰۹	۷۰/۱۴±۸۳/۲۸
کنترل	۱۲	۳۴/۴±۵۰/۴۶	۱۵۹/۵±۱۶/۰۴	۷۴/۱۲±۵۸/۹۷

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد، یافته های مربوط به درد و ناتوانی آزمودنی ها را در دو گروه کنترل و تجربی نشان می دهد. نتایج آزمون تحلیل واریانس نیز نشان داد اثر تعاملی گروه و زمان معنی دار است و نتیجه آزمون t همبسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی نشان داد که درد و ناتوانی در گروه تجربی به طور معناداری تفاوت پیدا کرده است.

میانگین و انحراف استاندارد

متغیر	مرحله	تجربی	کنترل
درد	پیش آزمون	۵۱/۷±۰/۷۳	۵۱/۵±۶۶/۵۳
	پس آزمون	۴۱/۷±۳۳/۰۱	۵۲/۴±۳۳/۲۰
ناتوانی	پیش آزمون	۴۱/۹±۸۳/۹۸	۴۰/۸±۲۲/۸۷
	پس آزمون	۳۳/۹±۰/۵۵	۴۲/۵±۸۴/۷۶

جدول ۳: میانگین و انحراف استاندارد، یافته‌های مربوط به درد و ناتوانی آزمودنی‌ها را در دو گروه کنترل و تجربی نشان می‌دهد. نتایج آزمون تحلیل واریانس نیز نشان داد اثر تعاملی گروه و زمان معنی دار است و در نتیجه آزمون t همبسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی نشان داد که درد و ناتوانی در گروه تجربی به طور معنی داری تفاوت پیدا کرده است.

جدول شماره ۳: تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری درد و ناتوانی

تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری						
اثرات اصلی			اثرات تعامل			
زمان		گروه		گروه*زمان		
P	F	P	F	P	F	متغیر
۰/۰۰۰	۶۳/۱۴	۰/۰۲۹	۵/۴۶	۰/۰۰۰	۸۳/۲۶	درد
۰/۰۴۰	۴/۷۵	۰/۱۱۰	۲/۷۷	۰/۰۰۱	۱۳/۳۴	ناتوانی

جدول ۴: نتیجه آزمون t همبسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی نشان می‌دهد که درد و ناتوانی در گروه تجربی به طور معناداری تفاوت پیدا کرده است. همچنین تفاوت معنی داری بین دو گروه وجود ندارد ولی در مرحله پس آزمون تفاوت معنی داری بین دو گروه وجود دارد.

جدول شماره ۴: آزمون t همبسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی

مقایسه پیش آزمون و پس آزمون درد و ناتوانی در دو گروه					
گروه	اختلاف میانگین	درجه آزادی	t	p	
درد	تجربی	۹/۶۶	۱۱	۱۳/۸۱	۰/۰۰۰
	کنترل	۰/۶۶	۱۱	۰/۷۴	۰/۴۷۰
ناتوانی	تجربی	۰/۸۳	۱۱	۱۲/۳۳	۰/۰۰۰
	کنترل	۲/۲۲	۱۱	۰/۷۵	۰/۴۶۵

جدول ۵: آزمون تی مستقل جهت مقایسه درد و ناتوانی در دو گروه نشان میدهد که بین درد و ناتوانی در مرحله پیش آزمون تفاوت معنی داری بین دو گروه وجود ندارد ولی در مرحله پس آزمون تفاوت معنی داری بین دو گروه وجود دارد.

جدول شماره ۵: آزمون t مستقل مقایسه درد و ناتوانی

آزمون تی مستقل جهت مقایسه درد و ناتوانی در دو گروه								
پیش آزمون				پس آزمون				
متغیر		اختلاف میانگین	t	p		اختلاف میانگین	t	p
درد	تجربی	۰/۶۶	۰/۲۴	۰/۸۱	تجربی	۱۱/۰۰	۴/۶۶	۰/۰۰۰
	کنترل				کنترل			
ناتوانی	تجربی	۰/۳۲	۰/۰۸	۰/۹۳	تجربی	۱۰/۷۴	۳/۳۸	۰/۰۰۳
	کنترل				کنترل			

بحث و نتیجه گیری:

هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر شش هفته تمرین در آب با روش ناتروپاتی بر درد و ناتوانی افراد دارای کمردرد مزمن غیر اختصاصی بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد انجام تمرینات در آب منجر به کاهش معناداری در میزان درد و ناتوانی در گروه تجربی شد. نتایج مطالعه حاضر با نتایج پیرس^۱ و همکاران (۲۰۱۵)، نبوی و همکاران (۲۰۱۷)، یلفانی و همکاران (۱۳۹۶)، همسو می باشد. نتایج تحقیقات نشان داد که حرکت درمانی در آب باعث افزایش استقامت عضلات اکستنسور کمر و کاهش درد از نظر آماری می شود. این نتایج با یافته های اشنایدرمن همخوان و با یافته های رنکویتز ناهمخوان بود. شاید بتوان عدم همخوانی این تحقیق با تحقیق حاضر را تفاوت در جامعه آماری رنکویتز ورزشکاران و نحوه اندازه گیری استقامت عضلات با استفاده از الکترومیوگرافی بود. مطالعات نشان دادند که بعد از انجام تمرینات و ایجاد خستگی در عضلات، الگوی فعالیت عصبی-عضلانی عضلات اکستنسور هیپ و ستون فقرات تغییر می کنند و به دنبال آن فعالیت فعالیت عضلات اکستنسور به صورت سینرژیک افزایش می یابد تا بتواند وضعیت اکستنشن تنه را طولانی تر نگه دارد بنابراین یکی از علل مطرح شده می تواند مشارکت این عضلات در کمک به عضلات ستون فقرات جهت حفظ وضعیت اکستنشن تنه باشد. علت دیگر را می توان اینگونه بیان کرد که آب گرم با بلوکه کردن سیستم عصبی موجب منحرف شدن بیمار نسبت به درد می گردد. بدین صورت بلوکه کردن تحریکات حسی از طریق فیبرهای عصبی قطورتر، سریعتر و با رسانایی بالاتر نسبت به فیبرهای درد، منتقل شده و با انتقال درد رقابت می کند. در نتیجه حس درد در بیمار به صورت بلوکه در می آید و به بیمار این اجازه را می دهد که به تقویت عضلات تنه بپردازد (پیرس و همکاران ۲۰۱۵). با بررسی اثر ۲۲ جلسه در شش هفته ورزش در آب بر شدت درد و مقیاس ناتوانی عملکردی ۳۲ بیمار مبتلا به کمردرد نشان دادند بهبود معناداری در شدت درد و میزان ناتوانی عملکردی بیماران به دنبال مداخله به دست آمد (پیرس و همکاران ۲۰۰۳). یک برنامه ترکیبی شامل الکتروتراپی با تمرینات ثبات دهنده یا روتین می تواند شدت درد و ابعاد عضلانی را در بیماران مبتلا به کمردرد بهبود دهد (نبوی و همکاران ۱۳۹۷). همچنین نتایج تحقیقات، نشان داد اجرای برنامه آب درمانی روی عضلات تنه و کمر بند لگنی، درد و ناتوانی در عملکرد را به میزان زیادی در بیماران مبتلا به کمردرد کاهش داده است (یلفانی و همکاران ۱۳۹۶). بر این اساس می شود توضیح داد که کاهش نیروی جاذبه در آب فشار را از روی ستون فقرات کمری کاهش داده و از سوی دیگر تحت تأثیر مقاومت یا خاصیت چسبندگی آب و فشار هیدرواستاتیکی آن، عضلات اطراف ستون مهره ها یا عضلات پاراسپینال تقویت شده و در نتیجه عوامل موثر و ایجاد کننده درد کاهش یا از بین رفتن درد مشاهده می شود. از عوامل دیگر در کاهش درد در مطالعه

حاضر می‌توان به خاصیت ماساژی و تحریک شونده‌ی پوست هنگام حرکت درمانی در آب یاد کرد که این عوامل باعث احساس آرامش و تحریک عوامل عصبی نخاعی و آزاد شدن هورمون‌ها و آنزیم‌های محرک درد مانند آنکفالین و اندروفین‌ها و رفع تحریک گیرنده‌های درد و مسدود شدن درد در افراد مبتلا به کمردرد می‌شود. از طرفی کاهش نیروهای فشارآورنده بر وزن و مفاصل و همچنین بهبود گردش خون ناشی از فشار هیدرواستاتیکی آب بر بدن همگی امکان انجام حرکت درمانی را در یک محیط مفرح و جذاب با خستگی، فشار و تعریق کمتر را برای بیماران مبتلا به کمردرد فراهم می‌آورد و مجموع این عوامل باعث کاهش در سطح ناتوانی عملکردی و بهبود سطح زندگی بیماران می‌گردد (خجسته پور و همکاران ۱۳۹۵). از دلایل دیگری که می‌توان برای کاهش شدت درد و ناتوانی به دنبال مداخله در مطالعه حاضر به آن اشاره کرد این است که وقتی تمرینات به شکل کنترل شده، تدریجی و فزاینده انجام گیرند، مواد غذایی بیشتری را به فضای دیسک‌ها و بافت‌های نرم رسانده و به حفظ سلامت عضلات، لیگامنت‌ها و مفاصل کمک می‌کنند. یکی از نشانه‌های موفق بودن برنامه‌های ورزشی، متمرکز ساختن درد و پیشگیری از انتشار آن است. حرکت در آب علاوه بر ایجاد نیروی مقاوم بیشتر نسبت به مقاومت هوا سبب مقاومت بیشتر عضلات می‌شود. خاصیت غوطه‌وری و کاهش وزن تحمیل شده بر مفاصل نیز می‌تواند به سهولت حرکت مفاصل و اندام‌های دارای درد کمک کند به طوری که خصوصیت تسکین‌دهندگی حرکت در آب در اثر ماساژی که بر اندام‌ها اعمال می‌کند می‌تواند در کاهش استرس‌های جسمی و روانی مؤثر باشد. (ایراندوست و همکاران ۱۳۹۴) نیز با بررسی اثر ۱۲ هفته ورزش در آب بر شدت درد، درصد چربی بدن، توده عضلانی تنه و نسبت دور کمر به باسن ۲۲ بیمار مرد مبتلا به کمردرد مزمن نشان دادند که کاهش معناداری در شدت درد، نسبت دور کمر به باسن و درصد چربی بدن بیماران دیده شد و افزایش معناداری در توده عضلانی تنه مشاهده گردید. این مطالعه نشان داد که ترکیب بدن بهبود یافته به عنوان نتیجه‌ای از اثرات مثبت ورزش در آب بر کمردرد غیراختصاصی باشد. همچنین دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که قدرت عضلات تنه بعد از تمرین در آب بهبود یافت. بنابراین از آنجایی که پایین بودن قدرت عضلانی شکم دلیلی برای کمردرد بوده، در نتیجه افزایش حجم و قدرت عضلانی به دنبال تمرین در آب ممکن است یک استراتژی درمانی مؤثر برای بهبود کمردرد غیراختصاصی باشد، بنابراین یکی از مزایای ورزش در آب این است که می‌توان از طریق حرکت اندام‌های فوقانی و تحتانی در محدوده‌ای بهینه در حالی که حداقل استرس روی مفاصل وجود دارد بهبودی در ترکیب بدنی و شدت کمردرد ایجاد شود (ایراندوست، خ و همکاران ۱۳۹۴). مطابق با مدل بیومکانیکی علل کمردرد، کنترل حرکتی و مکانیک حرکات ستون فقرات تحت تأثیر الگوهای ناهنجار فعالیت عضلانی می‌تواند منجر به درد مکانیکی شوند. عدم تقارن و سطوح پایین فعالیت عضلانی در طول حرکات ستون فقرات می‌تواند منجر به بی‌ثباتی ستون فقرات و در نتیجه باعث آسیب به انتهای عصبی یا بارگذاری غیرطبیعی ساختارهای نخاعی شود. در نتیجه اختلال در کنترل حرکتی در ناحیه‌ی کمری لگنی و عملکرد عصبی-عضلانی می‌تواند به بی‌ثباتی ستون فقرات کمک کرده و منجر به درد شود. بنابراین

کمر درد ممکن است روی کنترل حرکتی عضلات تنه که در حرکات منظم ستون فقرات و ثباتش نقش دارند، اثر بگذارد (هاشمی راد و همکاران ۱۳۸۵). بنابراین با توجه به نقش اختلالات کنترل حرکتی در ایجاد درد، یکی از عوامل احتمالی بهبود در شدت درد و ناتوانی در مطالعه‌ی حاضر را می‌توان به بهبود کنترل حرکتی نسبت داد. ضعف عملکرد عضلات می‌تواند منبع بروز کمر درد گردد، زیرا عضلات ضعیف نمی‌توانند در مقابل فشارهای مکانیکی که بر استخوانها، سطوح مفصلی و رباطها وارد می‌شود، مقاومت کنند و در نتیجه فشارهای وارده منجر به بروز آسیبهای مختلف و درد می‌شود. در بیان تفسیر یافته‌های فوق می‌توان گفت که عضلات ستون فقرات، تنه را در یک حالت ثابت نگه داشته و حرکات کنترل شده‌ی مهره‌ای را قادر می‌سازد. این عضلات بخصوص برای نگهداری حالت مستقیم قامت مناسب بوده و دارای ویژگی‌های مشابه عضلات نوع استقامتی هستند که می‌تواند ستون فقرات را به‌ویژه در طی خم شدن تنه حمایت کنند. اگر چه این عمل حمایتی می‌تواند به واسطه ناتوانی عضلانی دچار اختلال شود. (ریچاردسون و همکاران ۲۰۰۸) عضلات تنه را بر اساس ویژگی‌های آناتومیک، بیومکانیک و فیزیولوژیک به دو گروه ثابت دهنده و حرکت دهنده تقسیم کردند در یک تقسیم بندی عضلات ثابت دهنده موضعی و گلوبال را معرفی نمودند. عضلات ثابت دهنده موضعی عمقی، کند انقباض، دخیل در عملکردهای تحملی، متمایل به ضعف، مهار و طویل شدن هستند. در حالی که عضلات ثابت دهنده گلوبال (حرکت دهنده‌ها) سطحی، دوکی شکل، تند انقباض، دخیل در عملکردهای قدرتی و سرعتی (با مقاومت زیاد) متمایل به سفتی و کوتاهی می‌باشند. با توجه به خصوصیات مذکور این دو گروه عضلات می‌توان نتیجه گرفت که در بیماران کمر دردی این عضلات ثابت دهنده موضعی هستند که در درجه اول دچار اختلال عملکردی و ناتوانی می‌باشند. مهم ترین عضلات ثابت دهنده موضعی در ناحیه تنه عضلات عرضی و مایل داخلی شکم، مولتی فیدوس و مربع کمری هستند (ویلکی و ولف، ۲۰۱۱).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات در آب باعث کاهش درد و بهبود ناتوانی شد. بنابراین افراد مبتلا به کمر درد مزمن غیراختصاصی می‌توانند از تمرین در آب، برای کاهش درد و بهبود ناتوانی شوند و در نتیجه برای بالا بردن سطح عملکرد و کیفیت زندگی خود استفاده کنند.

تشکر و قدردانی:

پژوهش حاضر برگرفته از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی و دارای تاییدیه کد اخلاق به شماره IR.SSRC.REC.1398,.94 از کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی و کد IRCT 20200318046806N1 از مرکز ثبت کارآزمای بالینی ایران می‌باشد. بدین وسیله از کلیه آزمودنیهای شرکت کننده در تحقیق حاضر که با پژوهشگر همکاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

منابع:

۱. شمسی، محمد باقر و همکاران (1396). مقایسه تمرین های کنترل حرکتی مهرهها و تمرینهای عمومی در پایداری استقامتی ناحیه کمری لگنی در بیماران کمردرد مزمن غیر اختصاصی. مجله توانبخشی شماره ۱۸ (۴): ۳۰۶-۳۱۵.
۲. ابراهیمی، همین و همکاران (1393). اثر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر میزان ناتوانی و قدرت عضلات شکم و پشت افراد مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی. مجله مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش. شماره ۴ علمی - پژوهشی ۲۰-۹.
۳. اثباتی و همکاران (۱۳۸۷). تاثیر یک برنامه منتخب ورزش درمانی در آب بر درد، عملکرد و زمان تحرک بیماران زن مبتلا به کمر درد مکانیکی. مجله پژوهنده شماره ۹۰ (صفحه ۲۹۰-۲۸۶).
۴. نیک بین، لیلا. ایل بیگی، سعید. افضل پور، محمد (۱۳۹۳). تاثیر ۶ هفته تمرین در درمانی بر میزان درد، تعادل و استقامت عضلات تنه در دانشجویان دختر مبتلا به کمر درد مزمن دانشگاه بیرجند. فصلنامه علمی پژوهشی کمیته تحقیقات دانشجویی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد. دوره ۱۷. شماره ۵۹. ص ۱۴-۱.
۵. خجسته پور، بهناز (۱۳۹۵). تمرین در آب و ویژگیهایش و پروتکل تمرینی از مقایسه اثر تمرینات منتخب در آب و خشکی با رویکرد ثبات مرکزی بر میزان درد، استقامت عضلات تنه و تعادل پویای زنان مبتلا به کمر درد مزمن غیر اختصاصی (صفحه ۴۴-۱۱۲).
- i. .
۶. نبوی، ن. جابرزاده، سمیه و همکاران (1397). تاثیر دو برنامه تمرینی متفاوت بر شدت درد بیماران دارای کمر درد مزمن غیر اختصاصی.
۷. یلفانی، محمد و همکاران (1396). بررسی تاثیر شش هفته تمرین در آب بر تعادل ایستا، عملکرد عضلات تنه و کمربند لگنی درد و ناتوانی در زنان مبتلا به کمر درد مزمن. آموزش بهداشت و ارتقای سلامت: ۵ (۴). ۲۸۸-۲۹۵.
۸. ایراندوست خ، طاهری م (۱۳۹۴). تاثیر ورزش های آبی بر ترکیب بدن و کمر درد مزمن در مردان مسن. مجله علمی فیزیوتراپی. ۲۷ (۲): ۴۳۳-۴۳۵.
۹. هاشمی راد، ف، کریمی، ن (1385). آناتومی بالینی ستون فقرات کمر و ساکروم. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و توانبخشی.
10. Nachemson A, Waddell G, Nourland AL (2010). Chronic Low back pain, Neck and pain: The Scientific Evidences of Causes, Diagnosis and Treatment. Published by Lippincott William & Wikings. Philadelphia: 18.
11. Chronic Low back pain, Neck and Back pain: The Scientific Evidences of Causes, Diagnosis and Treatment; published by Lippincott William & Wikings. Philadelphia: 18.
۱۲. Benjamin Waller (2009). Therapeutic aquatic exercise in the treatment of low back pain; a systematic review University of Jyväskylä, Finland; 6(3): 32-51.
13. paker C, Therapeutic Exercise; foundation & Techniques (2003). 2 ed , F.A Davis philadelphia 115-145.

14. Olson, Daniel A, et al (2013). Aquatic exercise for Treatment of Low back pain A systematic Review of Randomized controlled Trials; American journal of Lifestyle Medicine 7.2 :154-160.
15. D Hooge R, Hodges P, Tsao H, Hall L, Macdonald D, Danneels L (2013). Altered trunk muscle coordination during rapid trunk flexion in people in remission of recurrent low back pain. J Electromyogr Kinesiol. 23: 173-181.
۱۶. Neurophysiology education versus aquatic exercise along for patient with chronic low back pain; a randomized controlled trial. Clinical rehabilitation; 2015; 29(6): 538-47.
۱۷. pricejp. Studies in low backache with persistent muscle spasms; 2003. Arch physMed ; 29: 703-9.
۱۸. Brady , Lori Tein, and paula Rhchley Geil (2009). Aquatic exercise for rehabilitation and training. Human kinetics; 27-95.
۱۹. Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, Arand M, Wiesend A (2011). Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical in vitro study. Spine (philapa). 20; 192-198.

The Effect of 6 week aquatic exercise on pain and disability in persons with non-specific low back pain.

Fariba.Bahrami Eyvanaki

PHD.Corrective Exercises and Sports Pathology.University of Tehran, Tehran.Iran

Abstract:

Low back pain is one of the most common injuries that many people around the world suffer each year. Aquatic exercises for many years have been the basis of treatment for various types of back problems. Patients who practice in the water, to the cause floating less load on the joints they do feel. Therefore the aim of this study was the effect of 6 week aquatic exercise on pain and disability in persons with non-specific low back pain. Statistical sample included 24 persons that divided into two groups. Variables including pain and disability assessment by Quebec questionnaire and questionnaire Oswestry respectively in pre-test and post-test. Aquatic exercise program was implemented over 6 weeks. Data analyzed by repeated measure Anova and test in significance level 0.05. Statistical results showed a significant difference between the experimental and control groups in pain and disability after exercise. Exercise in water resulted in a significant decrease in pain and disability in the experimental group ($p \leq 0/05$). Exercising in the water reduced pain and disability in the experimental group, thereby raising the level of performance and quality of life in women with non-specific chronic low back pain. Given the positive effects of water training on reducing pain and improving disability in patients with non-specific chronic low back pain, it is recommended that these interventions be used as a complement to physiotherapy and medication therapy for these patients.

Keywords: Aquatic Exercise, Pain, Disability, Lowback pain.

* Correspondence: Fariba.bahrami@ut.ac.ir