



Comparison of Cardiac Structural and Functional Parameters between Elite Male Wrestlers and Non-Athletes in Ardabil City

Vahid Vahdat Janaghard*

Exercise Physiology Department, Allameh Ghazvini University, Qazvin, Iran.

Abstract

Background and aim: Prolonged and intensive physical exercise induces adaptive changes in cardiac structure and function, a phenomenon known as the “athlete’s heart.” The aim of this study was to compare cardiac structural, systolic, and diastolic parameters between elite male wrestling athletes and their non-athletic peers.

Methods: In this cross-sectional study, 40 healthy young males (20 elite wrestlers and 20 non-athletes) participated. Cardiac assessment was performed at rest using two-dimensional Doppler echocardiography. Independent-samples t-tests and analysis of covariance (ANCOVA), adjusted for age and body mass index (BMI), were used to compare the two groups.

Results: The results demonstrated that elite wrestlers had a significantly greater left ventricular (LV) mass (195 ± 18 g vs. 158 ± 15 g; $p < 0.001$), a higher ejection fraction ($64.5 \pm 3.2\%$ vs. $60.1 \pm 3.5\%$; $p < 0.001$), and a greater stroke volume. Additionally, diastolic indices, including a higher E/A ratio (1.7 ± 0.2), a lower E/e’ ratio (7.1 ± 1.1), and a shorter isovolumetric relaxation time (IVRT: 70 ± 8 ms), indicated more efficient myocardial relaxation. These differences remained statistically significant after adjustment for age and BMI.

Conclusion: The findings suggest that regular high-intensity wrestling training induces physiological left ventricular hypertrophy accompanied by improved systolic and diastolic function, including enhanced ventricular filling. Thus, elite wrestlers demonstrate greater cardiac functional efficiency and more favorable adaptive cardiac remodeling compared with non-athletic individuals.

Please cite as: Vahdat Janaghard V. “Comparison of Cardiac Structural and Functional Parameters between Elite Male Wrestlers and Non-Athletes in Ardabil City”. SOREN Journal 2025;6(1):27-34 [In Persian].

Article history:

Received
2025/03/08
Accepted
2025/05/23

Keywords:

- Heart
- Wrestling
- Exercise
- Elite Athlete
- Ardabil

Corresponding Author

Name: Vahid Vahdat Janaghard
Email Address: vahdat72@yahoo.com
ORCID ID: 0000-0002-6783-4208

مقایسه ساختار و عملکرد قلب پسران ورزشکار نخبه کشتی با غیرورزشکاران شهر اردبیل

وحید وحدت جناقرد*

گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه علامه قزوینی، قزوین، ایران.

چکیده

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۲

واژگان کلیدی

قلب

کشتی

ورزش

ورزشکار نخبه

اردبیل

سابقه و هدف: فعالیت ورزشی شدید و مداوم موجب تغییرات سازگاری در ساختار و عملکرد قلب می‌گردد که به پدیده «قلب ورزشکار» شناخته می‌شود. هدف از این پژوهش، مقایسه شاخص‌های ساختاری، سیستمیک و دیاستولیک قلب پسران ورزشکار نخبه کشتی با همسالان غیرورزشکار بود.

روش کار: در این مطالعه مقطعی، ۴۰ پسران جوان سالم (۲۰ ورزشکار نخبه کشتی و ۲۰ غیرورزشکار) شرکت کردند. ارزیابی قلب با استفاده از اکوکاردیوگرافی داپلر دوبعدی در حالت استراحت انجام شد. برای مقایسه گروه‌ها، آزمون t مستقل و تحلیل کوواریانس (ANCOVA) با کنترل سن و شاخص توده بدنی (BMI) به کار رفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد ورزشکاران نخبه دارای توده بطن چپ (195 ± 18 g در برابر 158 ± 15 g؛ $p < 0.001$)، کسر تزریقی بالاتر ($64/5 \pm 3/2$ ٪ در برابر $60/1 \pm 3/5$ ٪؛ $p < 0.001$)، و حجم ضربه‌ای بیشتر بودند. علاوه بر آن، شاخص‌های دیاستولیک شامل نسبت E/A بالاتر ($1/7 \pm 0/2$)، نسبت E/e' پایین‌تر ($7/1 \pm 1/1$) و IVRT کوتاه‌تر (70 ± 8 ms) بیانگر شل‌شدگی مؤثرتر میوکارد بودند. نتایج پس از تعدیل برای سن و BMI نیز معنادار باقی ماندند.

نتیجه‌گیری: این یافته‌ها نشان می‌دهد تمرینات منظم و شدید کشتی موجب هیپرتروفی فیزیولوژیک، بهبود عملکرد انقباضی و پرشدگی قلبی می‌شود؛ به‌طوری که قلب ورزشکاران نخبه از کارایی بالاتر و سازگاری مطلوب‌تری نسبت به افراد غیرورزشکار برخوردار است.

مقدمه

قلب انسان بعنوان اصلی‌ترین عامل مؤثر در سیستم قلبی-عروقی، مسئول پمپاژ خون، تأمین اکسیژن و مواد مغذی و حذف محصولات متابولیک از بافت‌هاست و عملکرد بهینه آن برای بقای ارگان‌ها و فعالیت‌های فیزیولوژیک ضروری است. فعالیت ورزشی منظم و طولانی‌مدت به‌عنوان یکی از محرک‌های عمده تغییرات سازگاری در سیستم قلبی-عروقی شناخته می‌شود و در ورزشکاران نخبه، تحت تأثیر دوره‌های طولانی تمرینی، فشارهای تکرارشونده همودینامیک و مکانیکی بر قلب وارد می‌شود که منجر به بازسازی ساختار و بهبود عملکرد قلبی می‌گردد.

این وضعیت که به قلب ورزشکار (Athlete's Heart) مشهور است، منعکس‌کننده تعادلی بین نیازهای عملکردی بالای بدن در فعالیت ورزشی و ظرفیت ساختاری قلب برای پاسخ به این نیازهاست. در این سازگاری‌ها، افزایش حجم بطن‌ها، ضخامت دیواره‌ها، بهبود توان سیستمیک و دیاستولیک و تغییرات در الگوهای جریان خون از جمله ویژگی‌های بارز هستند (۱)، اما همان‌طور که برخی مطالعات نشان

داده‌اند، گستره این تغییرات ممکن است از حدود «طبیعی» فراتر رود و شبیه پاتولوژی‌های قلبی شود، که تشخیص بین پدیده فیزیولوژیک و شرایط بیماری‌زای قلبی را به چالشی بالینی تبدیل می‌کند (۲).

در سال‌های اخیر پیشرفت‌هایی در تصویربرداری قلب و تحلیل داده‌ها امکان ارزیابی دقیق‌تر تغییرات قلب ورزشکار را فراهم کرده است؛ برای مثال، به‌کارگیری روش‌های اکوکاردیوگرافی پیشرفته شامل speckle-tracking، تصویربرداری با هیجان استرس (stress echo) و تکنیک‌های نوین در تحلیل Deformation قلبی کمک کرده‌اند تا بتوان تغییرات مخفی یا مرزی در عملکرد میوکاردی را شناسایی کرد (۳). این تحلیل‌های پیشرفته به شناسایی تغییرات عملکردی اولیه کمک می‌کنند که در روش‌های ساده‌تر مانند قطر و ضخامت بطن ممکن است ناشناخته باقی بمانند. علاوه بر آن، راهنماهای جدید در سال ۲۰۲۵ توسط جامعه بریتانیایی اکوکاردیوگرافی منتشر شده است که به تشخیص و تفسیر سازگاری قلب ورزشکاران در غربالگری کارکردی تأکید می‌کند و راهنمایی‌های عملی برای تفکیک بین سازگاری فیزیولوژیک و تغییرات

ناگهانی در ورزشکاران کم شده است، اما همچنان مردان ورزشکار و برخی رشته‌ها ریسک بیشتری دارند (۱۰).

در زمینه روش‌های پیشرفته ارزیابی، استفاده از اکوکاردیوگرافی داپلر همراه با تحلیل speckle-tracking و Deformation میوکارد به شکل گسترده‌ای در مطالعات اخیر به کار رفته است و امکان تشخیص تغییرات عملکردی ظریف‌تر را فراهم کرده است (۱۱، ۸).

به عنوان مثال، مطالعه‌ای نشان داده که استفاده از تصویربرداری تغییر شکل میوکارد (strain imaging) در ورزشکاران سالم، الگوهای متفاوتی از عملکرد دیواره قلب نسبت به افراد غیرورزشکار نشان می‌دهد و این الگوها می‌توانند در تفکیک پاتولوژی کمک کنند (۱۱). تحقیق دیگری پیشنهاد داده است که اندازه‌گیری Deformation قلب با استفاده از دو بعدی speckle tracking می‌تواند در تشخیص زود هنگام کسر عملکرد بالقوه پایین در ورزشکاران نخبه مفید باشد (۳). تازگی مطالعاتی در زمینه رادیومیکس و هوش مصنوعی در اکوکاردیوگرافی ورزشکاران منتشر شده است که با استفاده از تحلیل تصویر خودکار، قابلیت پیش‌بینی خطر آریتمی و تغییرات الکتریکی قلب در ورزشکاران را فراهم می‌کنند (۱۲). این مطالعه نشان می‌دهد که پردازش تصویری دقیق و الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند به شناسایی تغییرات زیرسطحی قلب کمک نموده و امکان پیش‌بینی ریسک را افزایش دهند.

با توجه به این جوانب نظری، بالینی، تصویربرداری پیشرفته و نوآوری‌های فناورانه اخیر، مطالعه حاضر در نظر دارد ساختار و عملکرد قلب پسران ورزشکار نخبه کشتی را با همسالان غیرورزشکار مقایسه کند. انتخاب گروه کشتی‌گیر به دلیل ویژگی ترکیبی فشار استقامتی و قدرتی آن و کمبود مطالعات اختصاصی در این زمینه، اهمیت ویژه دارد. استفاده از اکوکاردیوگرافی داپلر همراه با تحلیل معیارهای مورفومتریک و عملکردی، امکان بررسی دقیق تغییرات سیستولیک و دیاستولیک را فراهم می‌کند. نتایج این تحقیق می‌تواند نه تنها به درک عمیق‌تر سازگاری‌های قلب ورزشکاران کشتی کمک کند، بلکه بتواند به عنوان راهنمایی برای تدوین پروتکل‌های نظارت قلبی، تشخیص به‌هنگام سازگاری شاخص و مداخلات پیشگیرانه عمل نماید و در نهایت زمینه‌ساز مطالعات بلندمدت و چندمدلی در پزشکی ورزشی قلب گردد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت مقطعی و جامعه آماری آن شامل پسران جوان سالم می‌باشد. در مجموع ۴۰ نفر به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند و در دو گروه ورزشکار نخبه کشتی (۲۰ نفر) و غیرورزشکار (۲۰ نفر) قرار گرفتند. انتخاب افراد به گونه‌ای انجام شد که دو گروه از نظر سن، قد و وزن همسان‌سازی شوند تا اثر متغیرهای مخدوش‌کننده کاهش یابد. ورزشکاران نخبه کشتی بر اساس معیارهای مشخصی انتخاب شدند: داشتن حداقل سه سال سابقه فعالیت منظم و مستمر در رشته کشتی، تمرین حداقل چهار جلسه در هفته (هر جلسه ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه)، حضور در سطح قهرمانی ملی یا استانی و عدم وقفه تمرینی بیش از دو ماه در طول سال گذشته بود و گروه غیرورزشکار شامل افرادی بود که طی سه سال گذشته هیچ‌گونه فعالیت ورزشی سازمان‌یافته و منظم نداشتند و سبک زندگی کم‌تحرک‌تری را گزارش کرده بودند.

بیماری‌زای بالقوه ارائه می‌دهد (۴)، این راهنما توجه ویژه‌ای به ترکیب روش‌های تصویربرداری سه‌بعدی، معیارهای اختصاصی ورزشکاران و استفاده از تابع بردار کرنش (strain) در ارزیابی دارد.

از نظر بیولوژیک، سازگاری قلبی ورزشکار شامل تغییرات نه تنها در سطح ارگانی بلکه در سطح سلولی و مولکولی است؛ مطالعات اخیر نشان داده‌اند که تمرینات زیاد موجب بازآرایی ساختاری در میوکارد، تغییر در بیان ژن‌های مرتبط با رشد میوکارد، تغییرات در ساختار ماتریکس بین‌سلولی، و تنظیم مکانیزم‌های حساس به فشار و تنش میوکارد می‌شوند (۵). این تغییرات مولکولی می‌توانند فشارهای مکانیکی را در مقیاس سلولی خنثی کرده یا تعدیل کنند و در نتیجه به سازگاری بلندمدت قلب کمک کنند. افزون بر این، برخی تحقیقات نشان داده‌اند که در ورزشکاران نخبه ممکن است مقادیر شاخص‌هایی مانند (NT-proBNP) یا تروپونین حساس افزایش‌های گذرا داشته باشند که بازتاب‌دهنده فشار موقت میوکاردی هستند، اما در چارچوب سازگاری طبیعی قابل برگشت می‌باشند (۵).

یکی از نکات مهم در مطالعه قلب ورزشکار، تفاوت بین ورزشکاران رشته‌های مختلف است؛ ورزش‌های استقامتی (مانند دو، شنا، دوچرخه‌سواری) معمولاً به گشادشدگی حفره‌های قلبی و افزایش حجم بطن‌ها (هیپرتروفی غیرهمسان‌گرد) منجر می‌شوند، در حالی که ورزش‌های قدرتی (مانند وزنه‌برداری، ورزش‌های رزمی) بیشتر موجب افزایش ضخامت دیواره‌ها بدون گشادشدگی زیاد می‌گردند (۶). اما رشته‌هایی مانند کشتی، که ترکیبی از فشار استقامتی و بار قدرتی را تجربه می‌کنند، غالباً با الگوی پیچیده‌تر سازگاری همراه هستند، به طوری که تغییرات هم در ضخامت دیواره و هم در حجم حفره‌ها دیده می‌شود. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که قلب کشتی‌گیران نخبه تغییراتی منحصر به فرد داشته باشد که بررسی دقیق آن نیاز به مطالعات تخصصی دارد.

در زمینه کاربرد بالینی، تشخیص دقیق میان سازگاری فیزیولوژیک قلب ورزشکار و پاتولوژی‌های قلبی اهمیت حیاتی دارد؛ زیرا برخی از ورزشکاران ممکن است دچار فیبروز میوکارد یا تغییرات الکتریکی نامطلوب شوند که خطر بروز آریتمی و مرگ ناگهانی قلبی را افزایش می‌دهد (۷). برای مدیریت این چالش، توصیه شده است که ورزشکاران تحت پیگیری مستمر قرار گیرند و در صورت مشاهده شاخص‌های مرزی یا غیرمعمول، از روش‌های پیشرفته‌تر مانند تصویربرداری رزونانس مغناطیسی قلب (CMR) استفاده شود (۸). همچنین، بحث بر سر ارتباط بین ورزش شدید و شواهدی از کلسیفیکاسیون عروق کرونر در ورزشکاران ارشد مطرح شده است؛ مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ورزش طولانی‌مدت ممکن است با افزایش شاخص کلسیفیکاسیون عروق کرونر (CAC) همراه باشد که نیازمند تفسیر ویژه در جمعیت ورزشکار است (۹).

این نکته اهمیت دارد چون ورزش به عنوان دارویی قوی در پیشگیری از بیماری‌های قلبی شناخته می‌شود و اعمال محدودیت بی‌مورد می‌تواند بیشتر از فواید آن آسیب بزند. از منظر بالینی، در دهه‌های اخیر نرخ مرگ ناگهانی در ورزشکاران نیز موضوعی قابل توجه بوده است؛ اگرچه گزارش‌ها نشان می‌دهند که با بهبود سیستم‌های غربالگری، دسترسی به اقدامات احیا و آگاهی عمومی، میزان مرگ

نظر دما و آرامش محیط کنترل شد. به منظور حذف اثر تغذیه، از افراد خواسته شد دو ساعت قبل از آزمون ناشتا باشند و وعده غذایی سنگینی مصرف نکرده باشند.

روش تحلیل آماری: پس از جمع‌آوری داده‌ها، کلیه اطلاعات در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ وارد شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده گردید. سپس برای مقایسه شاخص‌های قلبی بین دو گروه با کنترل اثر سن و شاخص توده بدنی (BMI)، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و به‌صورت تکمیلی از رگرسیون چندمتغیره خطی استفاده شد. در این مدل‌ها، گروه (ورزشکار/غیرورزشکار) متغیر مستقل و سن و BMI به‌عنوان کوواریات در نظر گرفته شدند. فرض‌های نرمالیتی، همگنی و هم‌خطی متغیرها بررسی و تأیید شد. نتایج نشان داد پس از تعدیل اثر سن و BMI، تفاوت بین گروه‌ها در همه شاخص‌های قلبی (توده بطن چپ، EF، SV، CO و ضخامت دیواره‌ها) همچنان معنی‌دار باقی ماند ($p < 0.001$). این امر بیانگر آن است که تغییرات مشاهده‌شده مستقل از عوامل دموگرافیک بوده و مستقیماً با تمرینات ورزشی مرتبط است.

علاوه بر آن، برای محاسبه اندازه اثر (Effect Size) از شاخص Eta squared استفاده شد. سطح معناداری در کلیه آزمون‌ها 0/05 نظر گرفته شد.

نتایج

ویژگی‌های عمومی شرکت‌کنندگان

مطالعه حاضر بر روی ۴۰ پسر سالم با میانگین سنی $۳/۴ \pm ۲۴/۶$ سال انجام شد که در دو گروه ورزشکار نخبه کشتی (۲۰ نفر) و غیرورزشکار (۲۰ نفر) تقسیم شدند. میانگین سن، قد و وزن بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت ($p > 0.05$) شاخص توده بدنی (BMI) نیز مشابه بود. این همسانی اولیه نشان می‌دهد که تفاوت‌های مشاهده‌شده در شاخص‌های قلبی عمدتاً ناشی از تفاوت در وضعیت ورزشی و تمرینات بوده است نه عوامل دموگرافیک. جدول ۱ مشخصات پایه‌ای شرکت‌کنندگان را نشان می‌دهد.

جدول ۱. ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان در دو گروه

متغیر	غیرورزشکاران ($\pm$ SD میانگین)	ورزشکاران نخبه کشتی ($\pm$ SD میانگین)	مقدار p
سن (سال)	$۲۴/۴ \pm ۳/۶$	$۲۴/۸ \pm ۳/۲$	۰/۷۱
قد (cm)	$۱۷۵/۹ \pm ۶/۲$	$۱۷۶/۵ \pm ۵/۸$	۰/۸۲
وزن (kg)	$۷۴/۸ \pm ۷/۱$	$۷۶/۳ \pm ۶/۹$	۰/۶۴
BMI (kg/m^2)	$۲۴/۱ \pm ۲/۴$	$۲۴/۵ \pm ۲/۱$	۰/۷۳

شاخص‌های ساختاری قلب

مقایسه شاخص‌های اکوکاردیوگرافی نشان داد که ورزشکاران نخبه کشتی در اکثر متغیرهای ساختاری قلب، مقادیر بالاتری نسبت به غیرورزشکاران داشتند. توده بطن چپ (LV mass) در گروه ورزشکار به‌طور معناداری بیشتر بود.

($p < 0.001$; g در برابر ۱۵۸ $\pm$ ۱۵ g ۱۸ $\pm$ ۱۹۵)

این یافته نشان‌دهنده افزایش حجم عضله قلب در اثر تمرینات طولانی‌مدت است.

شرکت‌کنندگان باید سالم، فاقد هرگونه بیماری قلبی-عروقی شناخته‌شده، بیماری متابولیک (دیابت، فشار خون، اختلالات تیروئید)، بیماری تنفسی مزمن یا مشکلات ارتوپدی باشند. همچنین افراد مصرف‌کننده داروهای مؤثر بر سیستم قلبی-عروقی، مکمل‌های هورمونی یا محرک‌های غیرمجاز از مطالعه حذف شدند. معیارهای ورود شامل سلامت عمومی، رضایت آگاهانه برای مشارکت در پژوهش و توانایی انجام آزمون‌های تصویربرداری بود. افراد دارای سابقه بستری به دلیل مشکلات قلبی یا عدم همکاری در مراحل آزمون از مطالعه کنار گذاشته شدند. ابزار و شیوه اندازه‌گیری: برای ارزیابی ساختار و عملکرد قلب از اکوکاردیوگرافی داپلر دو بعدی D Doppler Echocardiography استفاده شد. تمام اندازه‌گیری‌ها در حالت استراحت و پس از ۱۰ دقیقه آرامش در وضعیت طاق‌باز انجام شدند. آزمایش‌ها توسط یک متخصص قلب و عروق با تجربه و با استفاده از دستگاه اکوکاردیوگرافی Philips XE۱۱HD (هلند) مجهز به پروپ ۵/۳ مگاهرتز انجام شد تا از بروز خطای بین‌بررسی‌کننده‌ای جلوگیری شود. هر متغیر به‌طور میانگین از سه چرخه قلبی متوالی ثبت گردید. شاخص‌های اصلی مورد بررسی شامل موارد زیر بودند:

توده بطن چپ (LV mass): محاسبه شده بر اساس فرمول توصیه‌شده انجمن قلب آمریکا، به‌عنوان شاخص حجم عضله بطن چپ. قطر داخلی بطن چپ در سیستول (LVESD): به‌منظور بررسی اندازه بطن در انتهای انقباض.

ضخامت دیواره بین‌بطنی (IVS thickness): اندازه‌گیری شده در دیاستول.

ضخامت دیواره خلفی بطن چپ (PWT thickness): اندازه‌گیری شده در دیاستول.

کسر تزریقی (Ejection Fraction, EF): تعیین شده با روش Simpson's Biplane به‌عنوان شاخص عملکرد سیستولیک.

حجم ضربه‌ای (Stroke Volume, SV): محاسبه شده از طریق حاصل‌ضرب سطح مقطع خروجی بطن در سرعت جریان خون.

علاوه بر شاخص‌های ساختاری و عملکردی سیستولیک، عملکرد دیاستولیک بطن چپ نیز با استفاده از داپلر پالس جریان عبوری از دریچه میترال و داپلر بافتی ارزیابی شد.

شاخص‌های مورد بررسی شامل نسبت E/A نسبت جریان زودرس به انقباض دهلیزی، نسبت E/e' نسبت سرعت جریان زودرس به حرکت بافتی میوکارد، زمان شل‌شدگی ایزو ovolumetric (IVRT) و زمان کاهش جریان پرشدگی میترال (DT) بودند.

این شاخص‌ها بر اساس دستورالعمل انجمن اکوکاردیوگرافی آمریکا (ASE, 2024) برای ارزیابی عملکرد دیاستولیک قلب به‌کار گرفته شدند. مقادیر میانگین هر متغیر از سه چرخه قلبی متوالی در حالت استراحت محاسبه گردید.

به‌منظور اطمینان از صحت داده‌ها، تمامی آزمون‌ها در یک زمان مشابه از روز (بین ساعت ۹ تا ۱۱ صبح) و پس از پرهیز از مصرف کافئین و فعالیت ورزشی سنگین در ۲۴ ساعت گذشته انجام شد.

متغیرهای کنترل‌شده: برای کاهش اثر عوامل مداخله‌گر، شرکت‌کنندگان از نظر سن، قد و وزن همسان‌سازی شدند. همچنین شرایط محیطی از

ضخامت دیواره بین‌بطنی (IVS thickness) و ضخامت دیواره خلفی (PWT thickness) نیز در گروه ورزشکار بیشتر بود به ترتیب: $11/3 \pm 1/1$ mm و $11/8 \pm 1/4$ mm؛ $p < 0.001$ در برابر $9/6 \pm 1/2$ mm؛ $p < 0.001$ در برابر $9/2 \pm 1/3$ mm؛ $p < 0.001$

این یافته نشان‌دهنده هیپرتروفی فیزیولوژیک و سازگاری قلب با بارهای تمرینی ترکیبی (قدرتی-استقامتی) است. قطر داخلی بطن چپ در سیستول (LVESD) در ورزشکاران کمتر از غیرورزشکاران بود، که به معنای تخلیه مؤثرتر بطن چپ در طی انقباض می‌باشد.

$3/1 \pm 3/4$ mm؛ $p < 0.001$ در برابر $2/8 \pm 3/5$ mm

شاخص‌های نمایه‌شده قلبی

علاوه بر پارامترهای ساختاری و عملکردی، برخی شاخص‌های نمایه‌شده نیز برای بررسی دقیق‌تر قلب ورزشکاران محاسبه شدند. شاخص توده بطن چپ: (LV Mass Index, LVMI) ورزشکاران نخبه کشتی میانگین بالاتری از LVMI در مقایسه با غیرورزشکاران داشتند که تفاوت آن‌ها معنادار بود ($p < 0.01$ ؛ g/m^2). این یافته نشان‌دهنده افزایش نسبی جرم میوکارد متناسب با سطح بدن است. ضخامت نسبی دیواره: (Relative Wall Thickness, RWT) در گروه ورزشکار RWT بالاتر بود، که بازتاب‌دهنده سازگاری هیپرتروفیک فیزیولوژیک قلب است.

شاخص حجم دهلیز چپ: (Left Atrial Volume Index, LAVI) میانگین LAVI در ورزشکاران به‌طور معناداری بیشتر از غیرورزشکاران بود ($p < 0.001$ ؛ ml/m^2) که می‌تواند نشان‌دهنده افزایش بار حجمی در اثر تمرینات طولانی‌مدت باشد.

جدول ۲. شاخص‌های نمایه‌شده قلبی در دو گروه

مقدار p	غیرورزشکاران (میانگین $\pm$ SD)	ورزشکاران نخبه کشتی (میانگین $\pm$ SD)	شاخص قلبی
۰/۰۱	$83/2 \pm 11/8$	$100/5 \pm 12/4$	LVMI (g/m^2)
۰/۰۳	$0/41 \pm 0/04$	$0/47 \pm 0/05$	RWT
۰/۰۴	$25/7 \pm 3/4$	$30/2 \pm 3/8$	LAVI (ml/m^2)

شاخص‌های عملکردی قلب

از نظر عملکرد قلبی، کسر تزریقی (EF) در ورزشکاران به‌طور معناداری بیشتر از غیرورزشکاران بود ($p < 0.001$) در برابر $60/1 \pm 3/5$ ٪؛ $64/5 \pm 3/2$ ٪.

این نشان‌دهنده قدرت پمپاژ بالاتر قلب در ورزشکاران است. همچنین حجم ضربه‌ای (SV) در گروه ورزشکار افزایش قابل توجهی داشت ($p < 0.001$)؛ $88/6 \pm 9/5$ ml در برابر $72/3 \pm 8/8$ ml؛ $p < 0.001$.

برون‌ده قلبی (Cardiac Output, CO) نیز محاسبه شد که در ورزشکاران نخبه به‌طور معناداری بالاتر بود ($p < 0.001$)؛ $5/2 \pm 0/6$ L/min در برابر $4/1 \pm 0/7$ L/min؛ $p < 0.001$.

اندازه اثر (Effect Size)

تحلیل اندازه اثر نشان داد که بیشترین تفاوت بین گروه‌ها مربوط به توده بطن چپ:

$$(\eta^2 = 0/42)$$

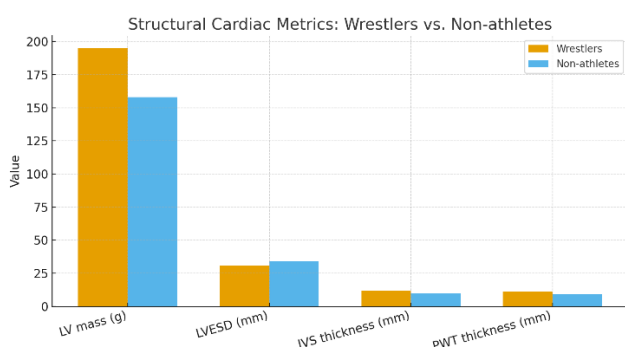
و حجم ضربه‌ای:

$$(\eta^2 = 0/37)$$

بود که بیانگر اثر قوی تمرینات کشتی بر این متغیرها است.

همبستگی بین متغیرها

تحلیل همبستگی پیرسون در گروه ورزشکار نشان داد که بین توده بطن چپ (LV mass) و حجم ضربه‌ای (SV) همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد. همچنین بین ضخامت دیواره بین‌بطنی (IVS) و کسر تزریقی (EF) همبستگی متوسطی مشاهده شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تغییرات ساختاری قلبی به‌طور مستقیم بر بهبود عملکرد قلبی اثر می‌گذارند.



شکل ۱. مقایسه شاخص‌های ساختاری قلب بین دو گروه

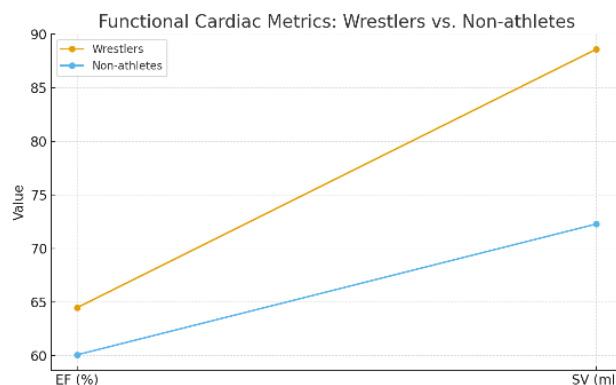
جدول ۳. تحلیل آماری با t-test مستقل و ۹۵٪ Confidence Interval

متغیر	SD $\pm$ میانگین (ورزشکاران)	SD $\pm$ میانگین (غیرورزشکاران)	t (df=38)	p-value	اختلاف میانگین 95% CI
LV mass (g)	$195/0 \pm 18/0$	$158/0 \pm 15/0$	۰/۰۷	$p < 0.001$	[۴۸/۰ و ۲۶/۱]
LVESD (mm)	$30/5 \pm 2/8$	$34/2 \pm 3/1$	-۴/۰۷	$p < 0.001$	[-۵/۴ و -۲/۱]
IVS thickness (mm)	$11/8 \pm 1/4$	$9/6 \pm 1/2$	۵/۴۱	$p < 0.001$	[۳/۱ و ۱/۴]
PWT thickness (mm)	$11/3 \pm 1/1$	$9/2 \pm 1/3$	۵/۱۷	$p < 0.001$	[۲/۹ و ۱/۳]
EF (%)	$64/5 \pm 3/2$	$60/1 \pm 3/5$	۴/۲۸	$p < 0.001$	[۶/۴ و ۲/۳]
SV (ml)	$88/6 \pm 9/5$	$72/3 \pm 8/8$	۵/۶۷	$p < 0.001$	[۲۲/۸ و ۹/۹]
Cardiac Output (L/min)	$5/2 \pm 0/6$	$4/1 \pm 0/7$	۴/۳۸	$p < 0.001$	[۱/۲ و ۰/۴]

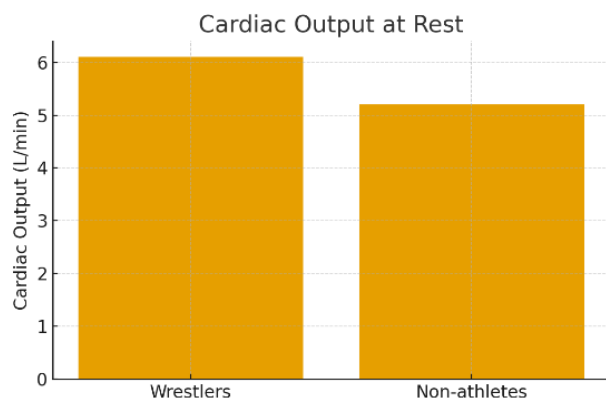
افزایش حجم ضربه‌ای بود. این نتایج کاملاً در راستای، مفهوم «قلب ورزشکار» قرار دارد که در ادبیات علمی به‌عنوان پاسخ فیزیولوژیک قلب به تمرینات شدید و مداوم شناخته می‌شود (۱۳، ۱۱). مطالعه حاضر نشان داد که توده بطن چپ ورزشکاران نخبه کشتی به‌طور معناداری بیشتر از غیرورزشکاران است. این یافته همسو با پژوهش‌های پیشین است که نشان داده‌اند تمرینات مکرر منجر به افزایش جرم میوکارد می‌شود (۱۵، ۱۴). در یک متآنالیز اخیر، Pluim و همکاران گزارش کردند که ورزشکاران استقامتی و قدرتی هر دو افزایش قابل توجهی در LV mass دارند، اما الگوی آن متفاوت است؛ ورزش‌های استقامتی بیشتر با افزایش حجم حفره‌ها همراه هستند، در حالی که ورزش‌های قدرتی با افزایش ضخامت دیواره شناخته می‌شوند. یافته‌های ما نشان می‌دهد که کشتی‌گیران نخبه هر دو نوع تغییر را تجربه می‌کنند، چرا که کشتی ماهیتی ترکیبی دارد (۱۴).

در مطالعه حاضر همچنین ضخامت دیواره بین‌بطنی (IVS) و دیواره خلفی (PWT) در ورزشکاران نخبه بیشتر از غیرورزشکاران بود. این یافته نشان‌دهنده هیپرتروفی همسان‌گرد است که مشخصه ورزش‌های قدرتی می‌باشد (۶)، این موضوع از نظر بالینی اهمیت دارد، زیرا باید از کاردیومیوپاتی هیپرتروفیک افتراق داده شود. در بیماری کاردیومیوپاتی هیپرتروفیک، ضخامت دیواره‌ها اغلب با فیبروز میوکارد، کاهش عملکرد دیاستولیک و افزایش خطر مرگ ناگهانی همراه است (۱۶)، در مقابل، در قلب ورزشکار، این افزایش ضخامت همراه با عملکرد بهتر قلب و بازگشت به حالت طبیعی پس از کاهش بار تمرینی است (۱۷).

کاهش قطر داخلی بطن چپ در سیستول (LVESD) در ورزشکاران نسبت به غیرورزشکاران نشان‌دهنده عملکرد سیستولیک کارآمدتر است. این یافته با مطالعات (۱۸، ۱۵)، همخوان است که نشان داده‌اند ورزشکاران دارای تخلیه بطن مؤثرتر و کسر تریقی بالاتری هستند. این تغییرات باعث افزایش توانایی قلب برای تأمین نیازهای متابولیک بالا در هنگام تمرین و مسابقه می‌شود. افزایش حجم ضربه‌ای (SV) در ورزشکاران نخبه کشتی نیز یافته مهمی بود. این سازگاری ناشی از افزایش پیش‌بار (preload) و افزایش انعطاف‌پذیری دیواره بطن‌هاست. به‌عبارت دیگر، قلب ورزشکاران قادر است حجم بیشتری خون را در هر ضربه پمپاژ کند. این موضوع به‌طور مستقیم با بهبود عملکرد ورزشی و تحمل تمرین‌های شدید مرتبط است (۱۹) یافته‌های ما همچنین نشان داد که بین تغییرات ساختاری و عملکردی ارتباط وجود دارد؛ برای مثال، توده بطن چپ با حجم ضربه‌ای و ضخامت دیواره با EF همبستگی مثبت داشت. این نتایج تأیید می‌کنند که افزایش جرم میوکارد و ضخامت دیواره‌ها صرفاً سازگاری‌های ساختمانی نیستند، بلکه با بهبود عملکردی نیز همراه‌اند.



شکل ۲. مقایسه شاخص‌های عملکردی قلب بین دو گروه



شکل ۳. مقایسه برونده قلبی (Cardiac Output) در دو گروه

یافته‌های مربوط به عملکرد دیاستولیک نشان داد که ورزشکاران نخبه کشتی دارای نسبت E/A بالاتر و نسبت E/e' پایین‌تر نسبت به غیرورزشکاران بودند ($p < 0.001$), که نشانگر پرشدگی مؤثرتر بطن چپ و فشار پرشدگی کمتر است.

همچنین، زمان شل‌شدگی ایز (IVRT) ovolumetric در ورزشکاران کوتاه‌تر و زمان کاهش جریان پرشدگی (DT) در محدوده طبیعی باقی مانده بود، این یافته‌ها بیانگر شل‌شدگی سریع‌تر و بازگشت دیاستولیک کارآمدتر قلب در ورزشکاران است که با افزایش ظرفیت عملکردی بطن چپ هم‌خوانی دارد.

بحث

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که ورزشکاران نخبه کشتی در مقایسه با افراد غیرورزشکار تفاوت‌های معناداری در شاخص‌های ساختاری و عملکردی قلب دارند. این تفاوت‌ها شامل افزایش توده بطن چپ، افزایش ضخامت دیواره‌های قلب، بهبود عملکرد سیستولیک (افزایش EF) و

جدول ۴. مقایسه شاخص‌های دیاستولیک قلب بین ورزشکاران نخبه کشتی و غیرورزشکاران

شاخص دیاستولیک	ورزشکاران نخبه (میانگین $\pm$ SD)	غیرورزشکاران (میانگین $\pm$ SD)	مقدار p	محدوده طبیعی
E/A ratio	$0.2 \pm 1/7$	$0.2 \pm 1/3$	$p < 0.001$	$2/0 - 1/0$
E/e' ratio	$1/1 \pm 7/1$	$1/3 \pm 8/9$	$p < 0.001$	$10 >$
IVRT (ms)	8 ± 70	9 ± 85	$p < 0.001$	$90 - 60$
DT (ms)	15 ± 175	20 ± 190	$p < 0.001$	$200 - 150$

* میانگین‌ها $\pm$ انحراف معیار بر اساس اندازه‌گیری در حالت استراحت گزارش شده‌اند. اختلاف میانگین‌ها با آزمون t مستقل بررسی شده است.

از نظر بالینی، این یافته‌ها اهمیت زیادی دارند. اگرچه قلب ورزشکار معمولاً سازگاری فیزیولوژیک محسوب می‌شود، اما در برخی ورزشکاران حرفه‌ای، به‌ویژه آن‌هایی که سال‌ها تحت بار تمرینی سنگین قرار دارند، احتمال بروز پیامدهای منفی نیز وجود دارد. مطالعات جدید نشان داده‌اند که ورزش شدید و طولانی‌مدت می‌تواند با فیبروز میوکارد، تغییرات الکتروفیزیولوژیک و افزایش ریسک آریتمی مرتبط باشد (۲۰) این موضوع نشان می‌دهد که پایش دقیق ورزشکاران نخبه ضروری است.

نتایج شاخص‌های دیاستولیک نیز یافته‌های سیستمیک را تأیید می‌کنند. نسبت بالاتر E/A و کاهش E/e' در گروه ورزشکاران نشان می‌دهد که افزایش توده و ضخامت دیواره‌ها در این مطالعه با حفظ یا حتی بهبود عملکرد دیاستولیک همراه بوده است؛ به عبارت دیگر، هیپرتروفی مشاهده شده از نوع فیزیولوژیک است نه پاتولوژیک. این الگو با گزارش‌های (۱۷، ۱۵، ۱۱) هم‌راستا است که در ورزشکاران قدرتی-استقامتی، بهبود شل‌شدگی میوکارد و افزایش تطابق دیاستولیک بطن چپ گزارش کرده‌اند.

بنابراین، ترکیب یافته‌های سیستمیک و دیاستولیک در این مطالعه تأکید می‌کند که تمرینات مداوم کشتی موجب بهبود دوگانه در عملکرد انقباضی و پرشدگی قلب می‌گردد.

در زمینه کشتی، اهمیت بررسی تغییرات قلبی دوچندان است. کشتی ورزشی است که نیازمند قدرت انفجاری بالا، استقامت عضلانی و ظرفیت هوازی مناسب است. ترکیب این فشارها، قلب ورزشکاران را وادار می‌کند تا هم از نظر قدرت پمپاژ و هم از نظر حجم انقباض سازگار شود (۲۱). یافته‌های ما این موضوع را تأیید کرد.

مطالعات مشابه در اروپا نیز یافته‌های ما را تقویت می‌کنند. برای مثال، در یک پژوهش در لهستان بر روی ورزشکاران رزمی، نشان داده شد که این گروه‌ها نسبت به غیرورزشکاران توده بطن چپ و حجم ضربه‌ای بیشتری دارند، در حالی که عملکرد دیاستولیک آن‌ها نیز بهبود یافته است (۲۲).

نکته دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد، تفاوت در پاسخ افراد به تمرین است. عوامل ژنتیکی، سن شروع تمرین، شدت و مدت تمرین و حتی تغذیه می‌توانند بر میزان سازگاری قلبی اثرگذار باشند. برخی ورزشکاران ممکن است افزایش قابل توجهی در توده بطن داشته باشند در حالی که دیگران پاسخ کمتری نشان دهند. این موضوع می‌تواند در آینده با استفاده از بیومارکرهای ژنتیکی و مولکولی بررسی شود (۲).

یافته‌های این پژوهش به‌طور آشکار نشان داد که تمرینات منظم و شدید کشتی در ورزشکاران نخبه منجر به بروز تغییرات قابل توجهی در ساختار و عملکرد قلب می‌شود. این تغییرات شامل افزایش توده بطن چپ، افزایش ضخامت دیواره‌های قلب، کاهش قطر بطن در سیستول و بهبود شاخص‌های عملکردی مانند کسر تزریقی و حجم ضربه‌ای بود. به بیان دیگر، قلب ورزشکاران نخبه کشتی توانایی بیشتری در پمپاژ خون و تأمین نیازهای متابولیک بدن در شرایط فعالیت شدید دارد.

نتیجه‌گیری

این نتایج نه تنها تأییدکننده مفهوم «قلب ورزشکار» هستند بلکه نشان می‌دهند که رشته‌های ورزشی ترکیبی مانند کشتی موجب بروز

همزمان سازگاری‌های ساختاری و عملکردی متنوع در قلب می‌شوند. از نظر کاربردی، این یافته‌ها اهمیت زیادی در پزشکی ورزشی دارند. درک این سازگاری‌ها به پزشکان و مربیان کمک می‌کند تا با اطمینان بیشتری تمرینات شدید را تجویز کنند، بدون آن‌که نگران عوارض پاتولوژیک مشابه بیماری‌های قلبی باشند. از سوی دیگر، این نتایج نشان می‌دهند که ورزش منظم، حتی در شدت‌های بالا، می‌تواند به بهبود کارایی سیستم قلبی-عروقی منجر شود و به‌عنوان روشی مؤثر برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی در نظر گرفته شود.

این مطالعه همچنین پیامدهای آموزشی و اجتماعی مهمی دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی نه تنها برای بهبود عملکرد ورزشی بلکه برای ارتقای سلامت عمومی جامعه ضروری است. برنامه‌ریزی برای تشویق جوانان به ورزش‌های سازمان‌یافته می‌تواند در بلندمدت به کاهش بار بیماری‌های قلبی-عروقی در جامعه منجر شود. از این منظر، ورزش کشتی به‌عنوان یکی از ورزش‌های پرتعداد در ایران می‌تواند نقش ویژه‌ای در ارتقای سلامت جمعیت جوان ایفا کند.

از نظر پژوهشی، مطالعه حاضر ضرورت انجام تحقیقات بیشتر را برجسته می‌سازد. اگرچه ما تغییرات ساختاری و عملکردی را با اکوکاردیوگرافی بررسی کردیم، اما مطالعات آینده می‌توانند با استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر مانند MRI قلبی، تصویربرداری سه‌بعدی و تکنیک‌های speckle-tracking، تصویر کامل‌تری از سازگاری‌های قلبی ارائه دهند. همچنین بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی مانند تروپونین و BNP و عوامل ژنتیکی می‌تواند به روشن‌تر شدن مکانیسم‌های فیزیولوژیک این تغییرات کمک کند.

از منظر سیاست‌گذاری ورزشی و بهداشتی، نتایج این پژوهش می‌تواند به نهادهای تصمیم‌گیر کمک کند تا در طراحی برنامه‌های تمرینی و نظارت بر سلامت ورزشکاران حرفه‌ای، توجه ویژه‌ای به پایش قلبی داشته باشند. بر اساس یافته‌های ما، توصیه می‌شود که ورزشکاران نخبه به‌طور منظم تحت معاینات قلبی قرار گیرند تا سازگاری‌های فیزیولوژیک به‌موقع از شرایط پاتولوژیک افتراق داده شود. این موضوع به‌ویژه در ورزش‌های سنگینی مانند کشتی اهمیت دارد، چرا که فشارهای ترکیبی وارد بر بدن در این رشته می‌تواند در برخی ورزشکاران به تغییرات مرزی منجر شود.

در نهایت می‌توان گفت که نتایج این پژوهش نه تنها به درک بهتر «قلب ورزشکار» کمک می‌کند بلکه بر ارزش بی‌بدیل ورزش در ارتقای سلامت قلب تأکید دارد. تمرینات منظم و هدفمند، به‌ویژه در رشته‌های پرچالشی مانند کشتی، می‌توانند موجب بروز سازگاری‌های سودمند در قلب شوند که ضمن بهبود عملکرد ورزشی، در کاهش خطر بیماری‌های قلبی در آینده نیز نقش‌آفرین است. بنابراین، ورزش را می‌توان نه تنها ابزاری برای کسب موفقیت ورزشی، بلکه یک مداخله پیشگیرانه و درمانی مؤثر در حوزه سلامت عمومی دانست. و همچنین نتایج این یافته‌ها می‌توانند مبنای تدوین دستورالعمل‌های پایش قلبی برای ورزشکاران رشته‌های ترکیبی باشند.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مشارکت ارزشمند شرکت‌کنندگان محترم و سایر دوستان و همراهان عزیز، صمیمانه تقدیر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند هیچ تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

11. La Gerche A, Heidbuchel H. The athlete's heart: challenges and controversies. *J Am Coll Cardiol* 2022;79:96–109.
12. Li Y, Zhang X, Chen H, Xu J, Wang J. Deep learning-based radiomics analysis of echocardiographic data for arrhythmia risk prediction in athletes. *Eur J Prev Cardiol* 2024;31:945–956.
13. Fagard RH. Athlete's heart. *Heart* 2003;89:1455–61.
14. Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* 2000;101:336–44.
15. Baggish AL, Levine BD. Cardiac remodeling in elite athletes: cardiovascular magnetic resonance imaging and echocardiographic findings. *JACC Cardiovasc Imaging* 2020;13:1017–30.
16. D'Andrea A, Riegler L, Cocchia R, Scarafile R, Salerno G, Gravino R, et al. Differentiating left ventricular hypertrophy in athletes from that in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:703–9.
17. Pelliccia A, Caselli S, Sharma S, Basso C, Bax JJ, Corrado D, et al. Clinical significance of left ventricular remodeling in competitive athletes: an updated overview. *Eur Heart J* 2018;39:2546–55.
18. Finocchiaro G, Papadakis M, Dhutia H, Cole D, Tome M, Behr E, et al. The electrocardiographic and echocardiographic features of the athlete's heart: from physiology to pathology. *Nat Rev Cardiol* 2019;16:507–24.
19. George K, Sharma S, Wilson M, Whyte G, McKenna W, Shave R. Left ventricular morphology and function in endurance and strength-trained athletes: a comparative study. *Eur J Appl Physiol* 2012;112:127–34.
20. Zimmermann P, Düking P, Sperlich B. Electrical and structural adaptation of athlete's heart and the risk of arrhythmias. *Front Physiol* 2022;13:857421.
21. Carter S, Banister EW, Blaber AP. Cardiovascular adaptations to combat sports training and competition. *Sports Med* 2020;50:1511–29.
22. Karpinski J, Ptaszkowski K, Karpinska E, Stanczyk J, Ptaszkowska M, Adamczewska K, et al. Echocardiographic findings in elite martial arts athletes: cardiac remodeling and functional adaptations. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:5943.
1. Flanagan K, Wilson MG, George K, Whyte G. Myocardial remodeling and cardiac function in endurance athletes: new imaging perspectives. *Front Cardiovasc Med* 2023;10:112344.
2. Lee JH, Lee SH, Kim JH, Kim HR. Genetic determinants of cardiac remodeling in elite athletes: insights from GWAS. *Eur Heart J* 2022;43:387–95.
3. Sengupta PP, Narula J. Advanced myocardial deformation echocardiography: Application in the athlete's heart. *J Echocardiogr* 2024;21:145–58.
4. Oxborough D, Zaidi A, Sharma S, Somauroo J, George K. British Society of Echocardiography guidelines for the assessment of the athlete's heart. *Echo Res Pract* 2025;12:e1–19.
5. Janik M, Blachut D, Czogalik Ł, Tomasik AR, Wojciechowska C, Kukulski T. Adaptive changes in endurance athletes: a review of molecular, echocardiographic and electrocardiographic findings. *Int J Mol Sci* 2025;26:8329.
6. Utomi V, Oxborough D, Whyte GP, Somauroo J, Sharma S, Shave R, et al. Predominance of concentric left ventricular remodeling in elite rugby football players. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:370–6.
7. Sharma S, Drezner JA, Baggish AL, Papadakis M. The athlete's heart: from physiology to pathology. *Nat Rev Cardiol* 2023;20:689–705.
8. Zholshybek N, Khamitova Z, Toktarbay B, Jumadilova D, Khissamutdinov N, Dautov T, et al. Cardiac imaging in athlete's heart: current status and future prospects. *Cardiovasc Ultrasound* 2023;21:21.
9. Merghani A, Malhotra A, Sharma S. The U-shaped relationship between exercise and coronary atherosclerosis. *J Am Heart Assoc* 2024;13:e028741.
10. Petek BJ, Churchill TW, Moulson N, Kliethermes SA, Baggish AL, Drezner JA, et al. Sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association Athletes: a 20-year study. *Circulation* 2023.