



Comparison of Structural and Functional Characteristics of the Left Ventricular in Post Pubertal Adolescents Male Soccer Players and Healthy Non-athletes by Echocardiography

Asghar Kianzadeh ¹ , Rahim Mirnasouri ^{2✉} , Massoud Rahmati ³ 

1. PhD Candidate in Exercise Physiology, Department of Physical Education, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

E-mail: asghar.kianzadeh@gmail.com

2. **Corresponding Author**, Associate Professor of Sports Medicine and Faculty Member, Department of Physical Education, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

E-mail: mirnasouri.r@lu.ac.ir

3. Professor of Exercise Physiology and Faculty Member, Department of Physical Education, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

E-mail: rahmati.mas@lu.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
<p>Article type: Research</p> <p>Article history: Received: 17 Feb 2026 Received in revised form: 24 Feb 2026 Accepted: 16 May 2026 Published online: 26 Jun 2026</p> <p>Keywords: Structure and Function, Left ventricular, Soccer player, Adolescent, Echocardiography.</p>	<p>Introduction: Recent studies have shown conflicting findings in left ventricular (LV) adaptations induced by competitive soccer in adolescent players. The aim of the present study was to compare structural and functional characteristics of the LV in adolescent male soccer players (SP) and healthy non-athletes after puberty using echocardiography (echo).</p> <p>Methods: The present study was a “causal-comparative” study. Forty-six adolescent male SP from the Khorramabad city junior soccer league in the 2025-2026 season and 20 healthy non-athletic adolescent boys participated in the study, who were selected through simple random sampling. The variables were measured using echocardiography at rest. The data were analyzed using an independent t-test ($P < 0.05$).</p> <p>Results: The results showed that in the experimental group (EG) than in the control group CG, resting heart rate (RTr) ($P = 0.001$) and absolute and relative wall thickness (RWT) ($P = 0.001$, $P = 0.001$, respectively) were significantly lower. In the EG compared to the CG, absolute and relative, left ventricular mass (LVM) ($P = 0.000$, $P = 0.000$, respectively), left ventricular end-diastolic diameter (LVEDd) ($P = 0.001$, $P = 0.001$, respectively), left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) ($P = 0.001$, $P = 0.001$, respectively), left ventricular end-systolic volume (LVESV) ($P = 0.013$, $P = 0.001$, respectively) and stroke volume (SV) ($P = 0.001$, $P = 0.001$, respectively) and absolute left ventricular end-systolic diameter (LVESd) ($P = 0.006$) and shortening fraction (SF) ($P = 0.017$) were significantly higher.</p> <p>Conclusion: In conclusion, the findings of the present study showed that LV changes in adolescent male SP are more aerobic in nature than in healthy non-athletic adolescent boys, and these adaptations in the LV of adolescent male SP may depend on the type, volume, and intensity of training.</p>

Cite this article: Kianzadeh A, Mirnasouri R, Rahmati M. Comparison of Structural and Functional Characteristics of the Left Ventricular in Post Pubertal Adolescents Male Soccer Players and Healthy Non-athletes by Echocardiography. Journal of Modern Approaches in Education Management and Health Sciences. 2026; 03 (02): 49-63. [Doi: 10.22034/edus.2026.580912.1097](https://doi.org/10.22034/edus.2026.580912.1097)

Journal of Modern Approaches in Education Management and Health Sciences is licensed under CC BY-NC 4.0.

| Web site: <https://www.eduhealthsci.ir> | Email: eduhealthsci@gmail.com

© The Author(s).

| Publisher: Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mazandaran Branch, Mazandaran, Iran.





Extended Abstract

Introduction

Adolescence is a critical developmental period during which the cardiovascular system undergoes significant structural and functional changes. Regular physical training, particularly endurance-based and intermittent sports such as soccer, has been shown to induce physiological cardiac adaptations commonly referred to as the “athlete’s heart.” These adaptations include changes in left ventricular (LV) size, wall thickness, and functional performance, which reflect the heart’s response to chronic exercise-induced hemodynamic stress. The left ventricle plays a central role in cardiac performance, as it is responsible for pumping oxygenated blood to the systemic circulation. Structural parameters such as left ventricular mass (LVM), end-diastolic diameter (LVEDd), end-systolic diameter (LVESd), and wall thickness, along with functional indices such as stroke volume (SV), ejection-related indices, and fractional shortening, are commonly used to evaluate cardiac remodeling. Echocardiography provides a non-invasive and reliable method for assessing these parameters in both athletic and non-athletic populations. Previous research has reported conflicting findings regarding the extent and nature of left ventricular adaptations in adolescent athletes. Some studies suggest that intensive endurance training leads to physiological hypertrophy characterized by increased chamber dimensions and preserved or enhanced systolic function, whereas other studies have reported minimal or no significant structural differences compared to non-athletes. These inconsistencies may be due to differences in age, maturation status, training load, sport type, and methodological variations across studies. Soccer is a complex sport that combines aerobic and anaerobic demands, repeated sprint activity, and dynamic changes in intensity. Therefore, it is considered a mixed-modality sport that can induce both volume and pressure overload on the heart. However, limited research has specifically examined cardiac adaptations in post-pubertal adolescent male soccer players compared with healthy non-athletes using standardized echocardiographic assessment. Given the importance of understanding physiological cardiac remodeling during adolescence, the present study aimed to compare structural and functional characteristics of the left ventricle in post-pubertal adolescent male soccer players and healthy non-athletic peers. The study also sought to clarify whether long-term soccer training is associated with specific patterns of cardiac adaptation and to contribute to the ongoing debate regarding physiological versus pathological cardiac remodeling in young athletes.

Methods

The present study was a “causal-comparative” study. Forty-six adolescent male SP from the Khorramabad city junior soccer league in the 2025–2026 season and 20 healthy non-athletic adolescent boys participated in the study, who were selected through simple random sampling. The variables were measured using echocardiography at rest. The data were analyzed using an independent t-test ($P \leq 0.05$).

Results

The results showed that in the experimental group (EG) than in the control group CG, resting heart rate (RTr) ($P=0.001$) and absolute and relative wall thickness (RWT) ($P=0.001$, $P=0.001$, respectively) were significantly lower. In the EG compared to the CG, absolute and relative, left ventricular mass (LVM) ($P = 0.000$, $P = 0.000$, respectively), left ventricular end-diastolic diameter (LVEDd) ($P=0.001$, $P =0.001$, respectively), left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) ($P = 0.001$, $P = 0.001$, respectively), left ventricular end-systolic volume (LVESV) ($P=0.013$, $P=0.001$, respectively) and stroke volume (SV) ($P =0.001$, $P =0.001$, respectively) and absolute left ventricular end-systolic diameter (LVESd) ($P =0.006$) and shortening fraction (SF) ($P =0.017$) were significantly higher.

Conclusion

The present study demonstrated significant differences in left ventricular structure and function between post-pubertal adolescent male soccer players and healthy non-athletes. The findings revealed that soccer players exhibited lower resting heart rate and relative wall thickness, alongside increased left ventricular mass, chamber dimensions, and stroke volume. These results indicate that regular soccer training during adolescence is associated with distinct cardiac adaptations. The observed changes in left ventricular morphology and function suggest a pattern of physiological cardiac remodeling consistent with the concept of the “athlete’s heart.” In particular, the increase in ventricular dimensions and stroke volume, combined with preserved functional indices such as fractional shortening, reflects enhanced cardiac efficiency and improved hemodynamic performance in response to chronic training stimuli. The results of this study support the notion that the cardiovascular adaptations in adolescent soccer players are predominantly aerobic in nature. This may be attributed to the repeated endurance demands of soccer training and competition, which impose sustained volume overload on the left ventricle. Such adaptations are generally considered beneficial and represent normal physiological responses to regular intensive exercise rather than pathological alterations. However, the degree of cardiac remodeling



may vary depending on several factors, including training intensity, frequency, duration, and individual biological variability. Therefore, the findings of this study highlight the importance of considering sport-specific and developmental factors when interpreting echocardiographic differences in young athletes. From a practical perspective, these results may be useful for sports physicians, cardiologists, and trainers in distinguishing physiological cardiac adaptation from potential pathological conditions. Early and accurate identification of normal athletic remodeling is essential to avoid misdiagnosis and unnecessary restrictions in young athletes. In conclusion, post-pubertal adolescent male soccer players demonstrate favorable structural and functional adaptations of the left ventricle compared with non-athletic peers. These adaptations reflect the impact of long-term soccer training on cardiovascular development and underscore the importance of regular physical activity during adolescence for promoting cardiac health.

Ethical Considerations

All stages of this study were conducted in accordance with ethical standards and the World Medical Association (WMA) Declaration of Helsinki. Furthermore, the study was approved by the Ethics Committee of Lorestan University of Medical Sciences and Health Services under the ethics code IR.LUMS.REC.1404.005.

Funding

This research received no specific grant from any funding agency.

Authors' contribution

Conceptualization: Rahim Mirnasouri; Methodology: Asghar Kianzadeh; Software: Asghar Kianzadeh; Validation: Masoud Rahmati; Formal Analysis: Rahim Mirnasouri and Masoud Rahmati; Investigation: Rahim Mirnasouri and Masoud Rahmati; Data Curation: Asghar Kianzadeh; Writing – Original Draft Preparation: Asghar Kianzadeh; Supervision: Masoud Rahmati; Project Administration: Rahim Mirnasouri.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding this article.

Acknowledgments

This article was derived from a doctoral dissertation in Exercise Physiology conducted in the Department of Physical Education, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University. The authors would like to express their sincere gratitude to all participants who took part in this study. Special thanks are also extended to Dr. Masoud Danjeh, Cardiovascular Surgeon, for performing the echocardiographic measurements.



مقایسه ویژگی‌های ساختاری و عملکردی بطن چپ در بازیکنان فوتبال پسر نوجوان و غیرورزشکار

سالم پس از بلوغ با اکوکاردیوگرافی

اصغر کیانزاده^۱، رحیم میرنصوری^۲، مسعود رحمتی^۳

۱. دانشجو دکترا فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی، دانشگاه ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: asghar.kianzadeh@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار طب ورزش و عضو هیات علمی، گروه تربیت بدنی، دانشگاه ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: mirasuri.r@lu.ac.ir

۳. استاد تمام فیزیولوژی ورزش و عضو هیات علمی، گروه تربیت بدنی، دانشگاه ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: rahmati.mas@lu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	مقدمه: مطالعات اخیر یافته‌های متناقضی را در سازگاری‌های بطن چپ ناشی از فوتبال رقابتی در بازیکنان نوجوان نشان داده‌اند. هدف از مطالعه حاضر، مقایسه ویژگی‌های ساختاری و عملکردی بطن چپ در بازیکنان فوتبال پسر نوجوان و غیرورزشکار سالم پس از بلوغ با اکوکاردیوگرافی بود.
تاریخ دریافت:	
تاریخ بازنگری:	روش پژوهش: مطالعه حاضر از نوع "علی-مقایسه‌ای" بود. چهل و شش بازیکن فوتبال پسر نوجوان از مسابقات لیگ فوتبال پایه شهر خرم‌آباد در فصل ۱۴۰۵-۱۴۰۴ و ۲۰ پسر نوجوان غیرورزشکار سالم در مطالعه شرکت داشتند که به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند. متغیرهای با استفاده از اکوکاردیوگرافی در حالت استراحت اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون T مستقل تجزیه و تحلیل شدند ($P \leq 0.05$).
تاریخ پذیرش:	یافته‌ها: نتایج نشان داد که در گروه تجربی در مقابل گروه کنترل، ضربان قلب استراحت ($P=0.001$) و به طور مطلق و نسبی ضخامت نسبی دیواره بطن چپ (به ترتیب، $P=0.001$ ، $P=0.001$) به طور معنی‌داری کمتر بود. در گروه تجربی در مقابل گروه کنترل، به طور مطلق و نسبی توده بطن چپ (به ترتیب، $P=0.001$ ، $P=0.001$)، قطر پایان دیاستولی بطن چپ (به ترتیب، $P=0.001$ ، $P=0.001$)، حجم پایان دیاستولی بطن چپ (به ترتیب، $P=0.001$ ، $P=0.001$)، حجم پایان سیستولی بطن چپ (به ترتیب، $P=0.001$ ، $P=0.013$) و حجم ضربه‌ای (به ترتیب، $P=0.001$ ، $P=0.001$) و به طور مطلق قطر پایان سیستولی بطن چپ ($P=0.006$) و کسر کوتاه شدگی ($P=0.017$) به طور معنی‌داری بیشتر بود.
تاریخ انتشار:	نتیجه‌گیری: در نتیجه، یافته‌های مطالعه حاضر نشان دادند که در بازیکنان فوتبال پسر نوجوان به نسبت پسران نوجوان غیرورزشکار سالم تغییرات بطن چپ بیشتر ماهیت تمرینات هوازی را دارند و ممکن است این سازگاری‌ها در بطن چپ بازیکنان فوتبال پسر نوجوان به نوع، حجم و شدت تمرینی وابسته باشد.
کلیدواژه‌ها: ساختار و عملکرد، بطن چپ، بازیکن فوتبال، نوجوان، اکوکاردیوگرافی	

استناد: کیانزاده، اصغر؛ میرنصوری، رحیم؛ رحمتی، مسعود. مقایسه ویژگی‌های ساختاری و عملکردی بطن چپ در بازیکنان فوتبال پسر نوجوان و غیرورزشکار سالم پس از بلوغ با اکوکاردیوگرافی. نشریه رویکردهای نوین در مدیریت آموزش و علوم سلامت. ۱۴۰۵؛ ۰۳ (۰۲): ۴۹-۶۳. Doi:

[10.22034/edus.2026.580912.1097](https://www.eduhealthsci.ir/10.22034/edus.2026.580912.1097)



دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.

| آدرس نشریه: <https://www.eduhealthsci.ir/> | ایمیل: eduhealthsci@gmail.com

ناشر: جهاد دانشگاهی واحد استان مازندران.

مقدمه

ورزشکاران کودک، جمعیت منحصر به فردی را تشکیل می‌دهند (۱). سازگاری‌های قلبی با ورزش در کودکان و نوجوانان رخ می‌دهد (۲). نشان داده شده است که فعالیت ورزشی منظم در کودکان منجر به تغییرات فیزیولوژیکی در قلب از جمله افزایش ضخامت و جرم میوکارد بطن چپ (LV) می‌شود (۳). تغییرات قلبی ناشی از تمرین، محصول آمادگی ژنتیکی برای سازگاری و بارهای همودینامیکی تکراری است که بر میوکارد وارد می‌شود (۴). شناخت ویژگی‌های قلبی کودکانی که به صورت ورزشی آموزش دیده‌اند، برای ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی و فیزیولوژیست‌های ورزشی اهمیت دارد (۵). چراکه کودک و نوجوان ورزشکار در معرض تمرینات با حجم بالا در طول دوره رشد ناپایدار قرار می‌گیرند (۶).

دستورالعمل‌های بهداشت عمومی توصیه می‌کنند که کودکان باید فعالیت کم‌تحرک را به حداقل برسانند و روزانه حداقل ۶۰ دقیقه فعالیت بدنی متوسط تا شدید داشته باشند و تا ۱۸ سالگی، این حجم باید شامل حداقل ۱۵۰ دقیقه ورزش با شدت متوسط در هفته باشد (۷). بازیکنان فوتبال (SP) نخبه پسر نوجوان بین ۸ تا ۱۲ ساعت تمرین می‌کنند و هفته‌ای یک مسابقه انجام می‌دهند (۸). نسبت سیستم‌های انرژی در فوتبال ۶۰ درصد (% بی‌هوازی لاکتیک، ۲۰ % بی‌هوازی لاکتیک و ۲۰ % هوازی تخمین زده می‌شود (۹). تمرین در دوران نوجوانی ممکن است بر سازگاری میوکارد تأثیر بگذارد (۱۰) و همچنین سازگاری‌های قلبی در SP نخبه پسر نوجوان در رابطه با وضعیت تمرین نشان داده شده است. سیر زمانی این سازگاری‌ها و تعیین تأثیر مراحل رشد ناپایدار از تأثیر تمرین بر این سازگاری‌ها هنوز مشخص نیست (۱۱). در این جمعیت ورزشکار منحصر به فرد، تغییرات ناشی از تمرین و تغییرات ناشی از بلوغ جنسی با هم در تعامل هستند و ممکن است معیارهای خاصی مورد نیاز باشد (۱۲).

چندین مطالعه بر روی ساختار و عملکرد LV (۱۳، ۱۱، ۸) و قلب (۱۴، ۱۵، ۶) SP نوجوان انجام شده است. مطالعات اخیر یافته‌های متناقضی را در تغییرات ریخت‌شناسی ناشی از فوتبال رقابتی در بازیکنان نوجوان نشان داده‌اند (۸). با توجه به اینکه فوتبال یک ورزش رایج است و از جمله محبوب‌ترین ورزش‌ها در جمعیت پسران نوجوان می‌باشد (۱۶)، لذا، ارزیابی عملکرد قلب در SP مهم است؛ با این حال، مطالعات کمی به تجزیه و تحلیل بازیکنان نوجوان فوتبال پرداخته‌اند (۱۷) و مطالعه بر روی قلب SP پس از بلوغ محدود است (۱۴). بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، مقایسه ویژگی‌های ساختاری و عملکردی LV در SP پسر نوجوان و غیرورزشکار سالم پس از بلوغ با اکوکاردیوگرافی بود (۶).

روش‌شناسی

روش تحقیق حاضر از نوع علی-مقایسه‌ای بود. در مطالعه حاضر تمامی مراحل انجام تحقیق مطابق با استانداردهای اخلاقی، بیانیه انجمن جهانی پزشکی هلسینکی تصویب شده توسط هفتاد و پنجمین مجمع عمومی انجمن جهانی پزشکی (WMA)، هلسینکی، فنلاند، اکتبر ۲۰۲۴ انجام شد (۱۸). همچنین، این مطالعه با مجوز کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی استان لرستان به شماره IR.LUMS.REC.1404.005 مورد تایید قرار گرفت.

شرکت‌کننده‌ها

نمونه آماری را ۴۶ بازیکن فوتبال پسر نوجوان (سن، $16/19 \pm 0/77$ سال [yr]؛ قد، $178/07 \pm 6/37$ سانتی‌متر [cm]؛ وزن، $61/8 \pm 8/53$ کیلوگرم [kg]، شاخص توده بدن [BMI]، $19/45 \pm 2/16$ کیلوگرم/مترمربع [kg/m²]، مساحت سطح بدن [BSA]، $1/73 \pm 0/14$ مترمربع [m²]) شرکت‌کننده در مسابقات لیگ شهرستان خرم‌آباد در فصل ۱۴۰۴-۱۴۰۵ و ۲۰ پسر نوجوان غیرورزشکار سالم (سن، $16/45 \pm 0/68$ yr؛ قد، $174/43 \pm 5/41$ cm؛ وزن، $61/13 \pm 8/50$ kg، BMI، $20/2 \pm 0/4/31$).

BSA, kg/m² ۱/۱۳ ± ۱/۷۰ m²) تشکیل دادند که به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند و در دو گروه تجربی (EG) که SP پسر نوجوان و گروه کنترل (CG) که پسران نوجوان غیرورزشکار سالم قرار گرفتند. جهت مشارکت شرکت‌کننده‌ها، اطلاع‌رسانی طی یک فراخوان همکاری با هماهنگی کمیته برگزاری مسابقات هیات فوتبال شهر خرم‌آباد انجام گرفت. از بین شرکت‌کننده‌ها کسانی انتخاب شدند که دارای سلامت عمومی (پرسشنامه ۲۸ سوالی سلامت عمومی گلدبرگ [Goldberg], ۱۹۷۲) (۱۹) و سلامت کامل قلبی-عروقی (تشخیص توسط پزشک متخصص قلب و عروق) بودند و دارای سابقه مصرف دارو، مکمل ورزشی، دخانیات نبودند و به بیماری‌های خاص مانند دیابت، تیروئیدی و... مبتلا نداشتند. همچنین شرکت‌کننده‌های منتخب، سابقه حداقل ۲ yr مشارکت منظم در رقابت‌های لیگ نونهالان و نوجوانان شهر خرم‌آباد و ۵ yr سابقه تمرین منظم و فعال (۳ جلسه در هفته) در آکادمی‌ها و مدارس فوتبال این شهر یا شهرستان‌های دیگر را داشتند و در مسابقات لیگ شهرستان خرم‌آباد در فصل ۱۴۰۴-۱۴۰۵ در ۷۰٪ از مسابقات حضور داشتند. همه شرکت‌کننده‌ها و اولیاء آنها، پیش از اجرای مطالعه و پس از آشنایی با روند آزمایش‌ها، فرم‌های رضایت‌نامه را تکمیل نمودند.

اندازه‌گیری‌ها

اندازه‌گیری مشخصات فردی، ضربان قلب استراحت (RHR) و متغیرهای ساختاری و عملکردی LV به روش زیر انجام گرفت:

اندازه‌گیری مشخصات فردی

سن شرکت‌کننده‌ها بر حسب yr ثبت شد. توده‌ی بدن با استفاده از ترازوی دیجیتالی هوشمند (ساخت کشور چین مدل شیائومی [Xiaomi] مدل S400 با دقت ۰/۱ گرم [g]) با حداقل لباس و بدون کفش اندازه‌گیری شد. قد با استفاده از قدسنج دیواری (ساخت کشور چین فرولیک (Frolic) مدل مثلثی با دقت ۱ میلی‌متر [mm] با پا برهنه و بدنی صاف و کشیده در حالی که پاها به هم چسبیده و باسن، شانه‌ها و پشت سر در تماس با دیوار بودند، با قرار دادن خطکش بر روی سر ثبت شد. شاخص توده بدن (BMI) با تقسیم توده‌ی بدن (kg) بر مجذور قد (m²) محاسبه شد (۲۰). مساحت سطح بدن (BSA) با استفاده از فرمول ماستلر (Mosteller) (۱۹۸۷) تخمین زده شد (۲۱):

$$BSA = [۱/۲] \times (وزن به kg \times قد به cm)$$

اندازه‌گیری متغیرهای ساختاری و عملکردی LV

تمام مراحل اندازه‌گیری متغیرهای ساختاری و عملکردی LV در اتاقی مخصوص توسط یک پزشک متخصص قلب و عروق با استفاده از دستگاه اکوکاردیوگرافی ۴ بعدی (ساخت کشور آمریکا، شرکت جنرال الکتریک مدل VIVID7) و پروب التراسوند M4s انجام شد. همه متغیرها به روش استاندارد از نمای مقطع طولی کنار استرنوم و در حالت استراحت و خوابیده به پشت و پهلو بر طبق راهنمای‌های انجمن اکوکاردیوگرافی آمریکا (ASE) اندازه‌گیری شدند (۲۲). در حالی که آزمودنی‌ها به فاصله ۵۰ سانتی‌متری با دستگاه اکوکاردیوگراف، به پهلو چپ با زاویه ۹۰ درجه نسبت به زمین در وضعیت درازکش قرار گرفته بودند و پروب در فضای بین دنده‌ای چپ، ۲ تا ۴ cm دورتر از لبه چپ جناغ سینه قرار داشت (۲۳). بدین صورت که از نمای‌های کنار جناغی (Parasternal) محور بلند و محور کوتاه و از نمای‌های حفره‌ای (Chamber) چهار و پنج، قطر پایان دیاستولی بطن چپ (LVIDd)، ضخامت دیواره بین بطنی در پایان دیاستول (VSTd) و ضخامت دیواره خلفی بطن چپ در پایان دیاستول (PWTD) در شروع کمپلکس QRS اکوکاردیوگرام و قطر پایان سیستولی بطن چپ (LVIDs)، ضخامت دیواره بین بطنی در پایان سیستول (VSTs) و ضخامت دیواره خلفی در پایان سیستول (PWTs) در شروع موج T اکوکاردیوگرام (۲۴) بر طبق

دستورالعمل انجمن اکوکاردیوگرافی آمریکا اندازه گیری شدند (۲۵). توده بطن چپ (LVM) با استفاده از فرمول دوروکس (Devereux) و همکاران (۱۹۸۷) محاسبه شد (۲۶):

$$LVM (g) = (0.80) [(1.04) (LVIDd + PWTd + VSTd)^3 - LVIDd^3] + 0.6$$

در این فرمول LVM به g و LVIDd، PWTd و VSTd به cm می‌باشند. شاخص توده بطن چپ (LVMi) از تقسیم LVM بر BSA بدست آورده شد. اگر LVMi بیشتر از ۱۲۵ g بر m² باشد، بر طبق پیشنهاد انجمن قلب و فشار خون اروپا (۲۰۰۳) هایپرتروفی LV مطرح می‌شود (۲۷). ضخامت نسبی دیواره LV(RWT) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲۸):

$$RWT (\%) = [(PWTd + VSTd)/LVIDd] \times 100$$

در این فرمول RWT به % و PWTd، VSTd و LVIDd به cm می‌باشند. RWT به عنوان شاخص هندسی LV، اغلب برای تعیین اختلاف بین اشکال هایپرتروفی LV استفاده می‌شود (۲۹). RWT بالاتر از ۰/۴۲ نشان دهنده تغییرات درون‌گرا (Concentric) و کمتر از ۰/۳۰ نشان دهنده تغییرات برون‌گرا (Eccentric) بود (۳۰). LVMi و RWT برای تعیین هایپرتروفی LV بکار گرفته شد.

حجم پایان دیاستولی بطن چپ (LVEDV) و حجم پایان سیستولی بطن چپ (LVESV) با استفاده از روش تکمیل شده سیمون (Simpson) در نمای آپیکال (Apical) حفره‌ای چهار محاسبه شد (۳۱). حجم ضربه‌ای (SV) از اختلاف بین LVEDV و LVESV بدست آورده شد (۳۲):

$$SV (ml) = LVEDV - LVESV$$

در این فرمول SV، LVEDV و LVESV به میلی لیتر (ml) می‌باشند. کسر جهشی (EF) از تفاضل LVEDV و LVESV تقسیم بر LVEDV ضرب در صد بدست آورده شد:

$$EF (\%) = [(LVEDV - LVESV)/LVEDV] \times 100$$

در این فرمول EF به %، LVEDV و LVESV به ml می‌باشند. کسر کوتاه شدگی (FS) به عنوان شاخص مقدار انقباض عضله قلب و شاخص عملکرد سیستولیک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۳۳):

$$FS (\%) = [(LVIDd - LVIDs)/LVIDd] \times 100$$

در این فرمول FS به %، LVIDd و LVIDs به cm می‌باشند. RHR در پایان آزمایش اکوکاردیوگرافی در همان حالت استراحت و خوابیده ثبت شد.

تمام داده‌ها به طور مطلق و نسبی بر اساس BSA گزارش شدند، زیرا BSA مقادیر طبیعی خاص به پزشکان کمک می‌کند تا نتایج را برای ورزشکاران فوتبال تفسیر کنند (۳۴) و نشان داده شده است که ابعاد قلبی با اندازه بدن وابسته‌اند (۳۵).

روش آماری

برای توصیف داده‌ها از میانگین و انحراف معیار، برای توزیع طبیعی از آزمون اسمینوف-کلموگراف (Sminov-kolmogoroff) و برای تجانس واریانس از آزمون لوین (Levin's test) استفاده شد. همچنین، مقایسه اختلاف بین گروه‌ها از آزمون T مستقل استفاده شد. کلیه روش‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۶ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گرفت.

یافته‌ها

همانطور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود، در EG در مقابل CG، سن به yr به ترتیب، ۱۶/۱۹±۰/۷۷ در مقابل ۱۶/۴۵±۰/۶۸، قد به cm به ترتیب، ۱۷۸/۰۷±۶/۳۷ در مقابل ۱۷۴/۴۳±۵/۴۱، وزن به kg به ترتیب، ۶۱/۸۱±۸/۵۳ در مقابل ۶۱/۱۳±۸/۵۰، BMI به kg/m² به ترتیب، ۱۹/۴۵±۲/۱۶ در مقابل ۲۰/۰۴±۲/۳۱ و BSA به m² به ترتیب، ۱/۷۳±۰/۱۴ در مقابل ۱/۷۰±۰/۱۳ بودند.

جدول ۱- مشخصات عمومی در بازیکنان فوتبال پسر نوجوان و پسران نوجوان غیرورزشکار سالم پس از بلوغ

متغیرها	بازیکنان فوتبال پسر نوجوان	پسران نوجوان غیرورزشکار سالم
سن (yr)	۱۶/۱۹±۰/۷۷ [#]	۱۶/۴۵±۰/۶۸
قد (cm)	۱۷۸/۰۷±۶/۳۷	۱۷۴/۴۳±۵/۴۱
وزن (kg)	۶۱/۸۱±۸/۵۳	۶۱/۱۳±۸/۵۰
BMI (kg/m ²)	۱۹/۴۵±۲/۱۶	۲۰/۰۴±۲/۳۱
BSA (m ²)	۱/۷۳±۰/۱۴	۱/۷۰±۰/۱۳

[#] همه مقادیر بر اساس انحراف استاندارد ± میانگین بیان شده است.

همانطور که از جدول ۲ مشاهده می‌شود، همه داده‌ها مطلق دارای همگنی واریانس بودند ولی در داده‌های نسبی LVIDd/BSA (P=۰/۰۰۲)، VSTs/BSA (P=۰/۰۰۴)، LVEDV/BSA (P=۰/۰۲۴) و SV/BSA (P=۰/۰۰۳) از

جدول ۲- همگنی واریانس و توزیع طبیعی داده‌ها

متغیرها	همگنی واریانس		توزیع طبیعی	
	P	F	P	K-S Z
RHR (bpm)	۰/۷۱۸	۰/۱۳۱	۰/۱۴۱	۱/۱۵۲
LVM (g)	۰/۲۷۷	۱/۲۰۰	۰/۹۹۲	۰/۴۳۴
LVMi (g/m ²)	۰/۳۲۱	۰/۵۷۳	۰/۸۹۱	۰/۵۷۹
LVIDd (mm)	۰/۶۱۴	۰/۲۵۷	۰/۶۳۴	۰/۷۴۶
LVIDd/BSA (mm/m ²)	۹/۹۲۸	۰/۰۰۲**	۰/۱۲۶	۱/۱۷۶
LVIDs (mm)	۰/۸۱۸	۰/۰۵۴	۰/۲۶۸	۱/۰۰۲
LVIDs/BSA (mm/m ²)	۰/۴۹۳	۰/۴۷۶	۰/۹۷۷	۰/۴۷۶
VSTd (mm)	۰/۷۲۹	۰/۱۲۱	۰/۷۹۱	۰/۶۵۱
VSTd/BSA (mm/m ²)	۲/۰۵۹	۰/۱۵۶	۰/۱۷۹	۱/۰۹۸
VSTs (mm)	۲/۵۴۶	۰/۱۱۶	۰/۷۷۷	۰/۶۵۹
VSTs/BSA (mm/m ²)	۸/۸۷۹	۰/۰۰۴**	۰/۷۷۰	۰/۶۶۴
PWTd (mm)	۳/۳۵۹	۰/۰۷۱	۰/۶۴۳	۰/۷۴۱
PWTd/BSA (mm/m ²)	۰/۸۵۷	۰/۳۵۸	۱/۰۰۰	۰/۳۲۹
PWTs (mm)	۲/۴۲۰	۰/۱۲۵	۰/۳۴۴	۰/۹۳۷
PWTs/BSA (mm/m ²)	۰/۵۶۹	۰/۴۵۴	۰/۷۳۹	۰/۶۸۳
RWT (%)	۰/۰۱۳	۰/۹۰۸	۰/۷۸۴	۰/۶۵۵
RWT/BSA (%/m ²)	۲/۲۳۹	۰/۱۴۰	۰/۸۸۳	۰/۵۸۵
LVEDV (ml)	۰/۲۵۶	۰/۶۱۵	۰/۶۳۸	۰/۷۴۴
LVEDV/BSA (ml/m ²)	۵/۳۱۸	۰/۰۲۴*	۰/۷۱۳	۰/۶۹۹
LVESV (ml)	۰/۳۷۹	۰/۵۴۰	۰/۳۴۴	۰/۹۳۷
LVESV/BSA (ml/m ²)	۰/۲۵۶	۰/۶۱۵	۰/۸۳۸	۰/۶۱۹
SV (ml)	۳/۸۵۵	۰/۰۵۴	۰/۶۳۸	۰/۷۴۴
SV/BSA (ml/m ²)	۹/۸۱۹	۰/۰۰۳**	۰/۳۳۷	۰/۹۴۲
EF (%)	۰/۰۲۴	۰/۸۷۶	۰/۴۲۷	۰/۸۷۶
EF/BSA (%/m ²)	۰/۰۴۵	۰/۸۳۲	۰/۸۷۹	۰/۵۸۹
FS (%)	۱/۸۶۷	۰/۱۷۷	۰/۱۹۵	۱/۰۷۸
FS/BSA (%/m ²)	۰/۹۸۰	۰/۳۲۶	۰/۶۹۲	۰/۷۱۱

* همگنی واریانس معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵؛ ** همگنی واریانس معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۱.

همگنی واریانس برخوردار نبودند که به صورت ناهمگنی واریانس گزارش می‌شوند ولی بقیه داده‌ها از همگنی واریانس برخوردار بودند. همچنین، همه داده‌ها مطلق و نسبی دارای توزیع طبیعی بودند. همانطور که از جدول ۳ بر اساس داده‌های مطلق مشاهده می‌شود، در EG در مقابل CG، RHR (به ترتیب، $70/80 \pm 1/86$ در مقابل $77/20 \pm 3/20$ ضربه در دقیقه (bit/min)؛ $P=0/000$) و RWT (به ترتیب، $30/93 \pm 3/77$ در مقابل $35/40 \pm 4/05$ ؛ $P=0/000$) به طور معنی‌داری کمتر بود ولی LVM (به ترتیب، $88/35 \pm 12/28$ در مقابل $66/72 \pm 15/82$ ؛ $P=0/000$)، LVIDd (به ترتیب، $43/83 \pm 2/02$ در مقابل $37/35 \pm 3/91$ ؛ $P=0/000$)، LVIDs (به ترتیب، $29/48 \pm 3/19$ در مقابل $27/00 \pm 3/48$ ؛ $P=0/006$)، LVEDV (به ترتیب، $87/14 \pm 9/56$ در مقابل $60/40 \pm 15/53$ میلی‌لیتر؛ $P=0/000$)، LVESV (به ترتیب، $34/16 \pm 9/44$ در مقابل $27/74 \pm 9/19$ میلی‌لیتر؛ $P=0/000$) و FS (به ترتیب، $54/01 \pm 10/91$ در مقابل $47/45 \pm 7/53$ ؛ $P=0/017$) به طور معنی‌داری بیشتر بود.

جدول ۳- متغیرهای ساختاری و عملکردی LV در بازیکنان فوتبال پسر نوجوان و پسران نوجوان غیرورزشکار سالم

P	df	t	پسران نوجوان غیرورزشکار سالم	بازیکنان فوتبال پسر نوجوان	متغیرها
0/001 ***	64	-8/336	76/41 ± 2/71	71/25 ± 2/52 [≠]	RHR (bpm)
0/001 ***	64	6/014	66/72 ± 15/82	88/35 ± 12/28	LVM (g)
0/001 ***	64	5/422	38/97 ± 8/03	51/28 ± 8/65	LVMi (g/m ²)
0/001 ***	64	7/009	38/12 ± 3/16	43/71 ± 3/03	LVIDd (mm)
0/001 ***	61/531	5/021	22/38 ± 1/67	25/40 ± 3/19	LVIDd/BSA (mm/m ²)
0/006 **	64	2/819	27/99 ± 3/11	29/62 ± 3/01	LVIDs (mm)
0/248	64	1/167	16/48 ± 2/33	17/19 ± 2/29	LVIDs/BSA (mm/m ²)
0/987	64	0/017	6/73 ± 0/62	6/73 ± 0/57	VSTd (mm)
0/562	64	-0/583	3/96 ± 0/46	3/89 ± 0/39	VSTd/BSA (mm/m ²)
0/387	64	0/870	7/47 ± 0/54	7/60 ± 0/70	VSTs (mm)
0/809	62/422	0/243	4/38 ± 0/30	4/41 ± 0/59	VSTs/BSA (mm/m ²)
0/272	64	1/108	6/63 ± 0/54	6/85 ± 0/79	PWTd (mm)
0/663	64	0/438	3/90 ± 0/45	3/97 ± 0/54	PWTd/BSA (mm/m ²)
0/128	64	1/543	7/44 ± 0/55	7/69 ± 0/74	PWTs (mm)
0/586	64	0/548	4/38 ± 0/47	4/46 ± 0/56	PWTs/BSA (mm/m ²)
0/001 ***	64	-4/319	35/40 ± 4/05	30/93 ± 3/77	RWT (%)
0/001 ***	64	-4/036	20/96 ± 3/71	17/90 ± 2/37	RWT/BSA (%/m ²)
0/001 ***	64	8/564	63/34 ± 13/27	86/80 ± 12/74	LVEDV (ml)
0/001 ***	54/189	6/697	36/97 ± 6/35	50/55 ± 9/81	LVEDV/BSA (ml/m ²)
0/013 *	64	2/561	27/24 ± 9/50	34/37 ± 8/14	LVESV (ml)
0/003 **	64	3/127	15/76 ± 4/82	19/98 ± 5/12	LVESV/BSA (ml/m ²)
0/001 ***	64	6/211	32/66 ± 9/28	52/75 ± 13/08	SV (ml)
0/001 ***	56/215	6/890	19/08 ± 4/96	30/79 ± 8/72	SV/BSA (ml/m ²)
0/543	64	0/612	58/48 ± 2/74	59/02 ± 3/20	EF (%)
0/875	64	-0/158	34/50 ± 3/75	34/34 ± 3/57	EF/BSA (%/m ²)
0/017 *	64	2/442	47/45 ± 7/53	54/01 ± 10/91	FS (%)
0/065	64	1/876	28/05 ± 5/56	31/39 ± 7/05	FS/BSA (%/m ²)

[≠] همه مقادیر بر اساس انحراف استاندارد ± میانگین بیان شده است؛ * اختلافات معنی‌داری بین گروه‌ها در سطح ($P < 0/05$)؛ ** اختلافات معنی‌داری بین گروه‌ها در سطح ($P < 0/01$)؛ *** اختلافات معنی‌داری بین گروه‌ها در سطح ($P < 0/001$)

همچنین، در EG در مقابل CG بین VSTd (به ترتیب، $6/73 \pm 0/57$ در مقابل $6/73 \pm 0/62$ ؛ $P=0/987$ ؛ mm) VSTs (به ترتیب، $7/58 \pm 0/69$ در مقابل $7/43 \pm 0/57$ ؛ $P=0/387$ ؛ mm) PWTd (به ترتیب، $6/85 \pm 0/79$ در مقابل $6/63 \pm 0/54$ ؛ mm) PWTs (به ترتیب، $7/68 \pm 0/75$ در مقابل $7/39 \pm 0/55$ ؛ $P=0/128$ ؛ mm) و EF (به ترتیب، $59/02 \pm 3/28$ در مقابل $59/22 \pm 2/92$ ؛ $P=0/543$ ؛ %) اختلافی مشاهده نشد.

همانطور که از جدول ۳ بر اساس داده‌های نسبی (بر BSA) مشاهده می‌شود، در EG در مقابل CG، LVMi (به ترتیب، $22/38 \pm 1/67$ در مقابل $25/40 \pm 3/19$ ؛ $P=0/000$ ؛ g/m^2) LVIDd/BSA (به ترتیب، $50/55 \pm 9/81$ در مقابل $50/55 \pm 9/81$ ؛ $P=0/000$ ؛ mm/m²) LVEDV/BSA (به ترتیب، $19/98 \pm 5/12$ در مقابل $15/76 \pm 4/82$ ؛ $P=0/003$ ؛ ml/m²) و SV/BSA (به ترتیب، $30/79 \pm 8/72$ در مقابل $17/90 \pm 2/37$ ؛ $P=0/000$ ؛ ml/m²) RWT/BSA (به ترتیب، $20/96 \pm 3/71$ در مقابل $16/48 \pm 2/23$ ؛ $P=0/248$ ؛ mm/m²) VSTd/BSA (به ترتیب، $3/89 \pm 0/39$ در مقابل $3/96 \pm 0/46$ ؛ $P=0/562$ ؛ mm/m²) VSTs/BSA (به ترتیب، $4/41 \pm 0/59$ در مقابل $4/38 \pm 0/30$ ؛ $P=0/809$ ؛ mm/m²) PWTd/BSA (به ترتیب، $3/97 \pm 0/54$ در مقابل $3/90 \pm 0/45$ ؛ $P=0/663$ ؛ mm/m²) PWTs/BSA (به ترتیب، $4/38 \pm 0/47$ در مقابل $4/46 \pm 0/56$ ؛ $P=0/065$ ؛ %) FS/BSA (به ترتیب، $31/39 \pm 7/05$ در مقابل $28/05 \pm 5/56$ ؛ $P=0/065$ ؛ %) دارای اختلاف معنی‌داری نبودند.

بحث

فوتبال یک ورزش "زنجیره‌ای ترکیبی" است که اجزای دینامیک (ایزوتونیک) و استاتیک (ایزومتریک) قابل توجهی را با هم ترکیب می‌کند (۳۵). ورزش منظم طولانی مدت در SP با تغییرات قلبی به شکل برادی کاردی، رپلاریزاسیون زودرس، موج T معکوس، هایپرتروفی LV متحداً مرکز و تمایل به اختلال دیاستولیک هر دو بطن همراه است (۳۶). همچنین، بازی حرفه‌ای فوتبال با تغییرات ریخن شناسی در LV و دهلیز چپ و بهبود عملکرد دیاستولیک LV همراه است (۳۷) ولی آیا بازی فوتبال باعث سازگاری ساختاری و عملکردی LV در SP نوجوان می‌شود هنوز در حاله‌ای از ابهام است. هدف از مطالعه حاضر، مقایسه ویژگی‌های ساختاری و عملکردی LV در SP پسر نوجوان و غیرورزشکار سالم پس از بلوغ با اکوکاردیوگرافی بود.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که در SP پسر نوجوان به نسبت پسران نوجوان غیرورزشکار سالم، RHR و RWT به طور مطلق به طور معنی‌داری کمتر بودند و به طور مطلق LVIDd، LVIDs، LVEDV، LVESV، SV و FS به طور معنی‌داری بیشتر بودند. احتمالاً علت تفاوت بین این متغیرهای در دو گروه اثرات تمرینات فوتبال باشد که بیشتر ماهیت هوازی دارد. افزایش حجم حفره LV نشانه اضافه بار حجمی (VO) روی قلب است، همانند آن چه که در ورزشکاران استقامتی رخ می‌دهد (۳۸). این اضافه بار تابعی از بازگشت وریدی، حجم بطن و کاهش ضربان قلبی است (۳۹)، همانند آنچه در مطالعه حاضر رخ داد. کاهش RHR نشانه‌ای از افزایش فعالیت عصب واگ (پاراسمپاتیک) است که در بین ورزشکاران استقامتی رایج است (۴۰). کیم (Kim) و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که SP ضربان قلب پایین‌تری نسبت به CG دارند و اکوکاردیوگرافی نشان می‌دهد که شاخص حجم دهلیز و LV در گروه ورزشکاران تقریباً ۱/۵ برابر بیشتر از CG بود. ضخامت دیواره LV و LVMi نیز در گروه ورزشکاران به طور معنی‌داری بیشتر بود. برای عملکرد دیاستولیک LV، پارامترهایی که نشان دهنده پر شدن زودهنگام LV در دیاستول بودند در ورزشکاران به طور معنی‌داری بالاتر از CG بود (۱۷). چنن (Chen) (۲۰۲۰) در بازیکنان فوتبال چینی نشان داد که شاخص‌های ساختاری و عملکردی قلب در گروه ورزشی بالاتر از CG بود (۴۱). کاونانگ

و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که هایپرتروفی LV در ورزشکاران نوجوان بیشتر از غیرورزشکاران است (۴۲). گوخان (Gökhan) و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که میانگین‌های LVIDd و LVIDs در SP از CG به طور قابل توجهی بیشتر بود (۹). همچنین، نصار (Nassar) و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند که بازی حرفه‌ای فوتبال در مردان جوان در مقایسه با گروه غیرورزشکار همسن منجر به تغییرات معنی‌داری در پارامترهای اکوکاردیوگرافی آنها می‌شود (۴۳). نشان داده شده است که تغییرات قلب ورزشکار در نوجوانی شروع می‌شود و تغییراتی هم در ریخت‌شناسی و هم در عملکرد ایجاد می‌شود (۱۷). در حقیقت، در پسران نوجوان، نحوه تمرین ورزشی منجر به تفاوت‌های قابل توجهی در عملکرد و انقباض LV می‌شود (۱۰). همچنین، در نوجوانان، همبستگی‌های مثبتی بین ساعات تمرین و هایپرتروفی LV، اتساع دو بطنی، LVEDV، حجم پایان دیاستولی بطن راست مشاهده شد (۴۴). نصار و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که یک yr تمرین فوتبال حرفه‌ای در مردان جوان منجر به کاهش معنی‌داری در ضربان قلب و LVIDs و افزایش معنی‌داری در PWTd شد (۴۳). در SP، تأثیر طولانی مدت تمرینات بدنی منظم ممکن است مسئول اثرات مطلوب بر عملکرد ابعاد حفره LV باشد (۹). قرار گرفتن طولانی مدت در معرض محرک‌های تمرینی متنوع در فوتبال منجر به بازسازی فیزیولوژیکی و ه قلب می‌شود که به فنوتیپ پاتولوژیک تبدیل نمی‌شود (۳۵). یانتیه (Yantie) و همکاران (۲۰۲۲) نتیجه گرفتند که تغییرات ساختاری (LVM و ضخامت دیواره بین بطنی) معنی‌داری در قلب ورزشکاران نوجوان مشاهده شد اما در عملکرد قلب (عملکرد دیاستولیک و شاخص برون‌ده قلبی) مشاهده نشد و در ورزشکاران نوجوان ضربان قلب به طور معنی‌داری کمتر از غیرورزشکاران بود (۴۵). در واقع، ورزش فوتبال می‌تواند شکل و عملکرد قلب را تغییر دهد، توانایی ذخیره قلب SP را افزایش دهد و به بدن کمک کند تا تغییرات تطبیقی مفیدی در تناسب اندام ایجاد کند (۴۱).

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد وقتی که داده‌ها بر اساس BSA تصحیح شدند باز هم LVMi، LVIDd/BSA، LVEDV/BSA، LVESV/BSA و SV/BSA در EG نسبت به CG، به طور معنی‌داری بیشتر بودند ولی RWT/BSA به طور معنی‌داری کمتر بود و فقط LVIDs و FS پس از نرمال‌سازی داده‌ها معنی‌دار نشد. احتمالاً در افراد نوجوان، علاوه بر سازگاری‌های ناشی از ورزش، ابعاد قلب ممکن است با اندازه بدن مرتبط باشند. یک فرد بزرگتر ممکن است صرف نظر از اثرات تمرین، اندازه‌های قلبی به طور متناسب بزرگتری داشته باشد. این اختلاف اندازه بدن بین جمعیت عمومی و ورزشکاران فوتبال می‌تواند در دشواری تشخیص یافته‌های طبیعی از غیرطبیعی اکوکاردیوگرام، که به طور سنتی بر اساس اندازه بدن طبقه‌بندی نشده‌اند، نقش داشته باشد (۳۴). در مطالعه‌ای پس از تعدیل تأثیر رشد و بلوغ، در گروه SP در مقایسه با CG در سال‌های ۲ و ۳ افزایش‌های ناشی از تمرین برای LVEDV و LVESV و کاهش‌های ناشی از تمرین برای LVEF مشاهده شد (۱۱). یافته مطالعه حاضر نشان داد که در EG نسبت به CG، به طور مطلق، VSTd، VSTs، PWTd، PWTs و EF اختلافی مشاهده نشد. شاید عدم تفاوت ضخامت دیواره‌های بین بطنی و خلفی در EG و CG، عدم استفاده از تمرین مقاومتی (RT) در طول فصل تمرین و مسابقات، شدت کم و بی‌اثری تمرینات مقاومتی یا استفاده از نوع خاص RT با ماهیت استقامتی باشد، بعنوان مثال تمرینات مقاومتی دایره‌ای که ویژگی‌های تمرین هوازی و RT را با هم ترکیب می‌کند (۴۶). نشان داده شده است که نوع خاص تمرین مقاومتی یکی از عوامل اثرگذار بر متغیرهای قلبی است (۴۷). چئن (۲۰۲۰) نشان داد که در اکوکاردیوگرافی تغییرات ضخامت دیواره بین بطنی و دیواره خلفی بطن چپ قابل مشاهده است (۴۱). پلا (Pelà) و همکاران (۲۰۱۵) در SP نوجوان آفریقایی بازسازی LV از نوع متحدالمرکز را نشان دادند که این نوع تغییرات قلبی نشانه اثر تمرینات مقاومتی در برنامه تمرین نوجوانان آفریقایی است (۴۸). در حقیقت، افزایش ضخامت دیواره‌های بطنی نوعی سازگاری نسبت به افزایش فشارهای خون هنگام انجام تمرین‌های قدرتی تلقی می‌شود (۴۹). اعتقاد بر این است که افزایش بار فشاری و بعد هم فشار دیواره که در ارتباط با RT ایجاد می‌شود، ممکن است یک محرک مهم در افزایش ضخامت دیواره و LVM باشد (۵۰).

نتیجه گیری

در نتیجه، یافته‌های مطالعه حاضر نشان دادند که در SP پسر نوجوان نسبت به پسران نوجوان غیرورزشکار سالم تغییرات LV بیشتر ماهیت تمرینات هوازی را دارند و ممکن است این سازگاری‌ها در LV در SP پسر نوجوان به نوع، حجم و شدت تمرینی وابسته باشد که مربیان در طول پیش فصل و فصل مسابقات اجرا می‌کنند. پیشنهاد می‌شود، برای توسعه همه جنبه‌های عملکرد بدنی و بهبود آمادگی و ظرفیت کامل قلبی و عروقی، مربیان فوتبال پایه RT را به برنامه تمرینات فوتبال بازیکنان نوجوان پسر اضافه نمایند.

ملاحظات اخلاقی

تمامی مراحل انجام تحقیق مطابق با استانداردهای اخلاقی، بیانیه WMA هلسینکی انجام شده است و همچنین، این مطالعه با کد IR.LUMS.REC.1404.005 از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی استان لرستان به تایید رسیده است.

حامی مالی

این تحقیق هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌پردازی: رحیم میرنصوری؛ روش‌شناسی: اصغر کیان‌زاده؛ نرم‌افزار: اصغر کیان‌زاده؛ اعتبارسنجی: مسعود رحمتی؛ تحلیل رسمی: رحیم میرنصوری و مسعود رحمتی؛ بررسی: رحیم میرنصوری و مسعود رحمتی؛ مدیریت داده‌ها: اصغر کیان‌زاده؛ نگارش پیش‌نویس: اصغر کیان‌زاده؛ نظارت: مسعود رحمتی؛ اداره پروژه: رحیم میرنصوری.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسنده، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل رساله دکترا فیزیولوژی ورزش گروه تربیت بدنی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان بود. در پایان، از تمام کسانی که بعنوان آزمودنی در مطالعه شرکت داشتند و از دکتر مسعود دانزّه جراح فوق تخصص قلب و عروق که اندازه‌گیری متغیرهای اکوکاردیوگرافی را انجام دادند، تقدیر و تشکر می‌نمایم.

References

- Graziano F, DeAntoni A, Balla D, Manfrin L, Genta EO, Brusamolín L, et al. Prevalence and relation to training of electrocardiographic findings in Caucasian children and adolescents 8-to 18-year-old practicing competitive sport. *Europace*. 2025; 27(10):euaf180. doi: 10.1093/europace/euaf180
- Weberruß H, Engl T, Baumgartner L, Mühlbauer F, Shehu N, Oberhoffer-Fritz R. Cardiac Structure and Function in Junior Athletes: A Systematic Review of Echocardiographic Studies. *Rev Cardiovasc Med*, 2022; 23(4):129. doi: 10.31083/j.rcm2304129

3. Krysztofiak H, Młyńczak M, Folga A, Braksator W, Małek LA. Normal values for left ventricular mass in relation to lean body mass in child and adolescent athletes. *Pediatr Cardiol.* 2019; 40(1):204-208. doi: [10.1007/s00246-018-1982-9](https://doi.org/10.1007/s00246-018-1982-9)
4. Unnithan VB, Beaumont A, Rowland TW, Sculthorpe N, George K, Lord R, et al. The influence of training status on right ventricular morphology and segmental strain in elite pre-adolescent soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2021; 121(5):1419-1429. doi: [10.1007/s00421-021-04634-3](https://doi.org/10.1007/s00421-021-04634-3)
5. Rowland T. Morphologic features of the “athlete’s heart” in children: a contemporary review. *Pediatr Exerc Sci.* 2016; 28(3):345-52. doi: [10.1123/pes.2015-0239](https://doi.org/10.1123/pes.2015-0239)
6. FUnnithan VB, Beaumont A, Rowland T, George K, Sculthorpe N, Lord RN, Bakhshi A, Oxborough D. Left ventricular responses during exercise in highly trained youth athletes: Echocardiographic insights on function and adaptation. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2022; 9(12):438. doi: [10.3390/jcdd9120438](https://doi.org/10.3390/jcdd9120438)
7. Stuart G, Pieles GE. The athlete's heart in children and adolescents. *The ESC Textbook of Sports Cardiology*, 2019. doi: [10.1192/j.eurpsy.2024.1786](https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2024.1786)
8. Gerling S, Pollinger T, Michel H, Dechant M, Melter M, Krutsch W. Z-score values of left ventricular dimensions in adolescent elite male soccer players. *Eur J Pediatr.* 2021; 180(1):299-302. doi: [10.1007/s00431-020-03741-1](https://doi.org/10.1007/s00431-020-03741-1)
9. Gökhan I, Kurkcu R, Çekin R. Comparison of blood lipids, blood pressures and left ventricular cavity dimension between soccer players and non-athletes. *Educational Research and Reviews.* 2013; 8 (15): 1310-3. doi: [10.1080/14737175.2023.2250913](https://doi.org/10.1080/14737175.2023.2250913)
10. Sagiv M, Sagiv M, Ben-Sira D. Weight lifting training and left ventricular function in adolescent subjects. *Sports Med Phys Fitness.* 2007; 47(3):329-34. PMID: [17641601](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17641601/)
11. Unnithan VB, Beaumont A, Rowland T, George K, Stewart L, Sculthorpe N, Lord RN, Oxborough DL. The effect of long-term soccer training on left ventricular structure and function in elite male youth soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2024; 34(3):e14594. doi: [10.1111/sms.14594](https://doi.org/10.1111/sms.14594)
12. Unnithan VB, Rowland TW, George K, Lord R, Oxborough D. Left ventricular function during exercise in trained pre-adolescent soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2018; 28(11):2330-2338. doi: [10.1111/sms.13258](https://doi.org/10.1111/sms.13258)
13. Pelà G, Crocama A, Calzi ML, Gianfreda M, Gioia MI, Visioli F, et al. Sex-related differences in left ventricular structure in early adolescent non-professional athletes. *Eur J Prev Cardiol.* 2016; 23(7):777-84. doi: [10.1177/2047487315608826](https://doi.org/10.1177/2047487315608826)
14. Somauroo JD, Pyatt JR, Jackson M, Perry RA, Ramsdale DR. An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: reference ranges for use in screening. *Heart.* 2001; 85(6):649-54. doi: [10.1136/heart.85.6.649](https://doi.org/10.1136/heart.85.6.649)
15. Cavarretta E, Maffessanti F, Sperandii F, Guerra E, Quaranta F, Nigro A, et al. Reference values of left heart echocardiographic dimensions and mass in male peri-pubertal athletes. *Eur J Prev Cardiol.* 2018; 25(11):1204-1215. doi: [10.1177/2047487318776084](https://doi.org/10.1177/2047487318776084)
16. Zdravkovic M, Perunicic J, Krotin M, Ristic M, Vukomanovic V, Soldatovic I, et al. Echocardiographic study of early left ventricular remodeling in highly trained preadolescent footballers. *J Sci Med Sport.* 2010; 13(6):602-6. doi: [10.1016/j.jsams.2010.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.03.005)
17. Kim N, Park H, Sohn S, Yang I. Cardiac remodeling in elite young Asian female soccer players. *Front Cardiovasc Med.* 2024; 15:11:1404780. doi: [10.3389/fcvm.2024.1404780](https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1404780)
18. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Participants. *JAMA.* 2024. doi: [10.1001/jama.2024.21972](https://doi.org/10.1001/jama.2024.21972)
19. Goldberg P. (1972). *The detection of Psychiatric Illness by Questionnaire.* Maudsley Monograph No. 21. Oxford: Oxford University Press.
20. Kurbel S, Zucic D, Vrbanec D, Plestina S. Comparison of BMI and the body mass/body surface ratio: Is BMI a biased tool? *Coll Antropol.* 2008; 32(1):299-301. PMID: [18494217](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18494217/)
21. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med.* 1987; 317(17): 1098.
22. Sahn DJ, Demaria A, Kisslo J, Weyman A. The committee on M-mode standardization of the American Society of echocardiography results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation.* 1978; 58(6):1072-83. doi: [10.1161/01.cir.58.6.1072](https://doi.org/10.1161/01.cir.58.6.1072)

23. Al-Hazzaa HM, Chukwuemeka AC. (2001). Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in elite soccer players. *Saudi Med J.* 22(4):320-5. PMID: [11331488](#)
24. Kanakis C, Hickson RC. Left ventricular responses to a program of lower limb Strength training. *Chest.* 1980; 78(4):618-21. doi: [10.1378/chest.78.4.618](#)
25. Gottdiener JS, Bednarz J, Devereux R, Gardin J, Klein A, Manning WJ, Morehead A, Kitzman D, Oh J, Quinones M, Schiller NB, Stein JH, Weissman NJ. American Society of Echocardiography recommendations for use of echocardiography in clinical trials. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004; 17(10):1086-119. doi: [10.1016/j.echo.2004.07.013](#)
26. Devereux RB, Liebson PR, Horan MJ. Recommendations concerning the use of echocardiography in hypertension and general population research. *Hypertension.* 1987; 9(2 Pt 2):II97-104. doi: [10.1161/01.hyp.9.2_pt_2.ii97](#)
27. Venckunas T, Raugaliene R, Jankauskiene E. Structure and function of distance runners' heart. *Medicina (Kaunas).* 2005; 41(8):685-92. PMID: [16160417](#)
28. Venckunas T, Lionikas A, Marcinkeviciene JE, Raugaliene R, Alekrinskis A, Stasiulis A. Echocardiographic parameters in athletes of different sports. *J Sports Sci Med.* 2008; 7(1):151-6. PMID: [PMC3763341](#)
29. Roman MJ, Saba S, Pini R, Spitzer M, Pickering TG, Rosen S, Alderman MH, Devereux RB. Parallel cardiac and vascular adaptation in hypertension. *Circulation.* 1992; 86(6):1909-18. doi: [10.1161/01.cir.86.6.1909](#).
30. Krumholz HM, Larson M, Levy D. Prognosis of left ventricular geometric patterns in the Framingham Heart Study. *J Am Coll Cardiol.* 1995; 25(4):879-84. doi: [10.1016/0735-1097\(94\)00473-4](#)
31. Schiller NB, Shan PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by twodimensionalechocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1989; 2(5):358-67. doi: [10.1016/s0894-7317\(89\)80014-8](#)
32. Anderson B. Echocardiography: The normal Examination and Echocardiographic Measurements. 1st Ed, Manly, Queensland: MGA Graphics, 2000.
33. Feigenbaum H, Armstrong W, Ryan T. Feigenbaum's echocardiography. 6th ed. London: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
34. Edenfield KM, Reifsteck F, Carek S, Harmon KG, Asken BM, Dillon MC, Street J, Clugston JR. Echocardiographic measurements of left ventricular end-diastolic diameter and interventricular septal diameter in collegiate football athletes at preparticipation evaluation referenced to body surface area. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2019; 5(1):e000488. doi: [10.1136/bmjsem-2018-000488](#)
35. Kandels J, Metze M, Stöbe S, Do L, Möbius-Winkler MN, Antoniadis M, et al. Long-Term Follow-Up of Professional Soccer Players: The Analyses of Left and Right Heart Morphology and Function by Conventional, Three-Dimensional, and Deformation Analyses. *Diagnostics (Basel).* 2025; 15(14):1745. doi: [10.3390/diagnostics15141745](#)
36. Azoz AM, Alshehri AM, Shaheen HA, Farrag YA, Muaidi QI, Youssef AA. Functional and structural changes in soccer players' heart and the risk for sudden cardiac death. *Saudi Journal of Sports Medicine.* 2015; 15(1): 74-81. doi: [10.4103/1319-6308.146352](#)
37. Tumuklu MM, Ildizli M, Ceyhan K, Cinar CS. Alterations in left ventricular structure and diastolic function in professional football players: assessment by tissue Doppler imaging and left ventricular flow propagation velocity. *Echocardiography.* 2007; 24(2):140-8. doi: [10.1111/j.1540-8175.2007.00367.x](#)
38. Fleck S.J. Cardiovascular responses to strength training. In: Komi PV, (editor). *Strength and power for sport.* Oxford: Blackwell science. Olympic Encyclopedic of Sports Medicine. Volume III: 2003. P 387.
39. Robergs R, Roberts S. *Fundamental Principles of Exercise Physiology: For Fitness, Performance and Health.* Boston: McGraw-Hill; illustrated edition. 1999.
40. Fox EL, Mathews DK. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics,* third edition. Philadelphia, Saunders College Publishing, 1981.
41. Chen X. Analysis of Athlete's Heart Pumping Function and Echocardiography. *Investigación Clínica.* 2020; 61 (1): 147-153. doi: [10.1161/01.cir.101.3.336](#)

42. Kaunang ED, Metusala JGC, Wahani AMI. Left ventricular mass in male adolescent athletes and non-athletes. 2024; 54(5): 305- 8. doi: [10.1097/00005768-200305001-01763](https://doi.org/10.1097/00005768-200305001-01763)
43. Nassar YS, Saber M, Farhan A, Moussa A, Elsherif A. One year cardiac follow up of young world cup football team compared to nonathletes. The Egyptian Heart Journal. 2011; 63(1):13–22. doi: [10.1016/j.ehj.2011.08.034](https://doi.org/10.1016/j.ehj.2011.08.034)
44. Csecs I, Czibalmos C, Toth A, Dohy Z, Suhai IF, Szabo L, et al. The impact of sex, age and training on biventricular cardiac adaptation in healthy adult and adolescent athletes: cardiac magnetic resonance imaging study. Eur J Prev Cardiol. 2020 Mar; 27(5):540-549. doi: [10.1177/2047487319866019](https://doi.org/10.1177/2047487319866019)
45. Yantie NPVK, Purnamawati IAP, Wati DK, Ariawati K. Differences in Heart Rate, Left Ventricular Wall Mass and Thickness, Diastolic Function, and Cardiac Output Index between Adolescent Athlete and Non-athlete Adolescents. Macedonian Journal of Medical Sciences. 2022; 10(B):1576-1581. doi: [10.3889/oamjms.2022.7998](https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.7998)
46. Camargo MD, Stein R, Ribeiro JP, Schwartzman PR, Rizzatti MO, Schaan BD. Circuit weight training and cardiac morphology: a trial with magnetic resonance imaging. Br J Sports Med. 2008; 42(2):141-5; discussion 145. doi: [10.1136/bjism.2007.038281](https://doi.org/10.1136/bjism.2007.038281)
47. Haykowsky MJ, Quinney HA, Gillis R, Thompson CR. Left ventricular morphology in junior and master resistance trained athletes. Med Sci Sports Exerc. 2000; 32(2):349-52. doi: [10.1097/00005768-200002000-00013](https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00013)
48. Pelà G, Calzi ML, Crocama A, Pattoneri P, Goldoni M, Anedda A, et al. Ethnicity-related variations of left ventricular remodeling in adolescent amateur football players. Scand J Med Sci Sports. 2015; 25(3):382-9. doi: [10.1111/sms.12238](https://doi.org/10.1111/sms.12238)
49. Effron M.B. Effects of resistance training on left ventricular function. Med Sci Sports Exerc. 1989; 21(6):694-7. doi: [10.1249/00005768-198912000-00013](https://doi.org/10.1249/00005768-198912000-00013)
50. Colan SD. Mechanics of left ventricular systolic and diastolic function in physiologic hypertrophy of the athlete's heart. Cardiol Clin. 1997; 15(3): 355-372. doi: [10.1016/s0733-8651\(05\)70345-3](https://doi.org/10.1016/s0733-8651(05)70345-3)