

Methods of monitoring physical fitness, fatigue, and recovery in athletes: A systematic review

Mohammad Amin Farahani¹- Hadi Safi Khanloo² - Kia Ranjbar^{*3}

1. MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran 2. MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran 3. Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran

(Received:2024/12/13; Accepted:2025/04/30)

Abstract

This study aims to investigate methods of monitoring physical fitness, fatigue, and recovery in athletes, which are practical and essential topics in planning and controlling training coaches use. This review study investigated the impact of monitoring methods on physical performance, fatigue, and recovery in athletic performance. Relevant articles were collected using keywords such as sports monitoring, fatigue monitoring, recovery monitoring, and novel performance monitoring from databases including PubMed, Cochrane Library, Web of Science, and Scopus, covering the period from 2013 to 2024. Inclusion criteria comprised original articles with scientific credibility, relevance, and availability in Persian or English. Duplicate, review, inaccessible (full-text), or low-quality articles were excluded. Ultimately, 15 articles were selected, and their data were organized and analyzed using Excel software. Monitoring is recognized as an essential tool across all sports disciplines, identifying changes related to body composition, physiological indices, performance, fatigue, and signs of overtraining on a weekly and session-by-session basis. This information enables coaches and specialists to plan precisely for the type, duration, and intensity of training sessions and manage fatigue. Regular monitoring contributes to athlete progress, reduces the risk of overtraining and sports injuries, and enhances recovery. Using both traditional and modern monitoring methods, such as RPE, GPS, and heart rate variability, can improve the accuracy and efficiency of monitoring, allowing coaches to implement timely interventions. Monitoring is an essential and practical practice in all sports disciplines. Due to the high intensity and density of training, changes in body composition, physiological status, performance capacity, fatigue, and signs of overtraining in athletes become evident weekly and session by session. Coaches can gain a comprehensive understanding of all performance-related indicators, fatigue levels, and recovery status by using subjective psychological questionnaires such as RESTQ-Sport and RPE (Rating of Perceived Exertion) and monitoring heart rate variability. They can accordingly plan training type, duration, and intensity for players, ensuring avoidance of overtraining and injury while experiencing faster recovery.

Keywords

Fatigue, Monitoring, Performance fitness, Recovery.

* Corresponding Author: E-Mail: kia.ranjbar@khu.ac.ir

شیوه‌های پایش بر عملکرد جسمانی، خستگی و ریکاوری ورزشکاران: مروری سیستماتیک

محمد امین فرحانی^۱ - هادی صفی خانلو^۲ - کیا رنجبر*

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت‌بدنی، واحد تهران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت‌بدنی، واحد تهران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران ۳. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت‌بدنی، واحد تهران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۳، تاریخ تصویب: ۱۴۰۴/۰۲/۱۱)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی شیوه‌های پایش بر عملکرد جسمانی، خستگی و ریکاوری ورزشکاران از موضوعات کاربردی و ضروری در برنامه‌ریزی و کنترل تمرین مورد استفاده مربیان است. مقالات مرتبط با استفاده از کلیدواژه‌های پایش ورزشی، پایش خستگی، پایش ریکاوری و پایش‌های نوین عملکردی از پایگاه‌ها PubMed، Cochrane Library، Web of Science و Scopus در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۴ جمع‌آوری شدند. معیارهای ورود شامل مقالات اصیل، دارای اعتبار علمی، مرتبط و به زبان فارسی یا انگلیسی بود. مقالات تکراری، مروری، بدون دسترسی به متن کامل یا با کیفیت پایین حذف شدند. در نهایت، ۱۵ مقاله انتخاب شد و داده‌های آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel سازمان‌دهی و تحلیل شدند. پایش به‌عنوان یک ابزار ضروری در تمامی رشته‌های ورزشی شناخته می‌شود که تغییرات مرتبط با ترکیب بدنی، شاخص‌های فیزیولوژیکی، عملکردی، خستگی و علائم بیش‌تمرینی را به‌صورت هفتگی و جلسه به جلسه مشخص می‌کند. این اطلاعات به مربیان و متخصصان کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی دقیقی برای نوع، مدت، شدت تمرینات و مدیریت خستگی انجام دهند. استفاده از روش‌های سنتی و نوین پایش مانند RPE، GPS و تغییرپذیری ضربان قلب می‌تواند دقت و کارایی پایش را افزایش دهد و به مربیان کمک می‌کند تا به‌موقع مداخلات لازم را انجام دهند. مربیان می‌توانند با استفاده از پرسشنامه‌های ذهنی و روانی مانند پرسشنامه RESTQ-Sport، RPE و همچنین بررسی تغییرپذیری ضربان قلب شناخت کاملی از تمام شاخص‌های عملکردی، خستگی و ریکاوری ورزشکار داشته باشند و در تصمیم‌گیری‌های خود نسبت به نوع تمرینات، مدت و شدت تمرین بازرگانان برنامه‌ریزی کنند، تا از بیش‌تمرینی و آسیب به دور باشد و ریکاوری سریع‌تری را تجربه کند.

کلیدواژه‌ها

پایش، خستگی، ریکاوری، عملکرد جسمانی.

مقدمه

در ورزش‌های تخصصی و حرفه‌ای، هدف اصلی مربیان، به‌کارگیری روش‌ها و ابزارهای نوین تمرینی به‌منظور ارتقای عملکرد ورزشکاران در رشته ورزشی موردنظر است. در این راستا، استفاده از دانش عمیق و به‌روز برای طراحی برنامه‌های تمرینی مناسب در دوره‌های تمرینی و مسابقات از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر این، پایش وضعیت ورزشکاران از جنبه‌های مختلف جسمانی، روانی، خستگی، فیزیولوژیکی، ریکاوری، تکنیکی و تاکتیکی نقش کلیدی در موفقیت ورزشکاران ایفا می‌کند (۱). پایش متغیرهای فیزیولوژیکی و روان‌شناختی مرتبط با عملکرد جسمانی، به مربیان و متخصصان کمک می‌کند تا اثربخشی برنامه‌های تمرینی خود را اندازه‌گیری کنند و مسیری برای تجدیدنظر یا عیب‌یابی برنامه تمرین و در ادامه تغییرات تمرین را در اختیار ورزشکاران قرار دهد (۱). چگونگی عملکرد نهایی یک ورزشکار، نتیجه تجمیع اثرات هر یک از جلسات تمرینی است. در واقع، هر جلسه تمرینی به‌عنوان بخشی از یک برنامه تمرینی جامع عمل می‌کند و نقش سازنده‌ای در شکل‌گیری عملکرد ورزشکار ایفا می‌نماید. از جمله چالش‌هایی که متخصصان علوم ورزشی با آن مواجه هستند، تنوع روش‌ها و فناوری‌های موجود برای پایش و ارزیابی ورزشکاران است (۲). روش‌های پیچیده‌تر و گران‌تر شامل تجزیه و تحلیل نشانگرهای بیوشیمیایی مانند کورتیزول (هورمون استرس) و اندازه‌گیری حرکات ورزشکار با استفاده از (سیستم موقعیت‌یاب جهانی)^۱ و سنسورهای اینرسی است (۳). ریکاوری و بازگشت ورزشکار به وضعیت هومئوستاز، تحت تأثیر دوز (مقدار) و شدت تمرین قرار می‌گیرد. افزایش فشار تمرینی نیازمند افزایش مدت‌زمان دوره ریکاوری است، زیرا بدن برای جبران خستگی و آسیب‌های ناشی از فعالیت‌های شدیدتر، زمان بیشتری را به بازسازی و ترمیم اختصاص می‌دهد (۴). پایش به شناسایی تأثیر هر جلسه تمرینی بر عملکرد جسمانی و آمادگی

تمرینی ورزشکار کمک می‌کند. بسیاری از مربیان در ابتدای جلسات، سطح آمادگی ورزشکاران را ارزیابی می‌کنند تا در صورت نیاز، برنامه تمرینی را تعدیل کنند. برای مثال، کاهش شدت تمرین برای ورزشکاران خسته می‌تواند مفید باشد. به‌جای استفاده از آزمون‌های پیچیده، مربیان می‌توانند با پرسش ساده‌ای مانند "چه احساسی داری؟"، اطلاعات ذهنی مؤثری درباره سلامتی و خستگی ورزشکار به دست آورند که این روش در نظارت بر وضعیت ورزشکاران بسیار سودمند است (۳). یکی دیگر از ابزارهای پایشی که برای ارزیابی آمادگی تمرین به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) است (۵). تغییرپذیری ضربان قلب اطلاعاتی درباره تأثیر سیستم عصبی، به‌ویژه تنظیم سیستم عصبی سمپاتیک بر عملکرد قلب، ارائه می‌دهد. یکی از مزایای استفاده از روش‌هایی مانند تغییرپذیری ضربان قلب، غیرتهاجمی بودن آن‌هاست. به‌علاوه، می‌توان داده‌ها را در حالت استراحت با استفاده از تلفن‌های هوشمند جمع‌آوری کرد، که این موضوع آن‌ها را به ابزاری ساده و قابل‌دسترس برای پایش تبدیل می‌کند (۶). یکی از دلایل اصلی سیستم‌های پایش ورزشکاران، حفظ آن‌ها در وضعیت رقابتی و کاهش مدت‌زمان آسیب و بیماری است. هدف اصلی پایش، کاهش خطر بیش‌تمرینی، بیماری و آسیب است. تحقیقات نشان داده‌اند که حجم بالای تمرین لزوماً عامل اصلی ناسازگاری به تمرین نیست، بلکه نحوه رسیدن ورزشکاران به این سطح از بار تمرینی است که حائز اهمیت است (۷). خستگی پاسخ طبیعی و مورد انتظار برای تمرین است. در شرایط عادی، ورزشکار در پاسخ جلسه تمرین خستگی حاد را تجربه می‌کند و در عرض چند ساعت تا چند روز ریکاوری می‌شود چنانچه این خستگی حاد با ریکاوری کافی همراه باشد، سبب سازگاری و بهبود عملکرد می‌شود (۸). عدم تناسب بین فشار تمرین و ریکاوری می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی شود. برخی مربیان با اعمال تمرینات شدید، ورزشکاران را به بیش تمرینی سوق

². Heart Rate Variability

¹. Global Positioning System

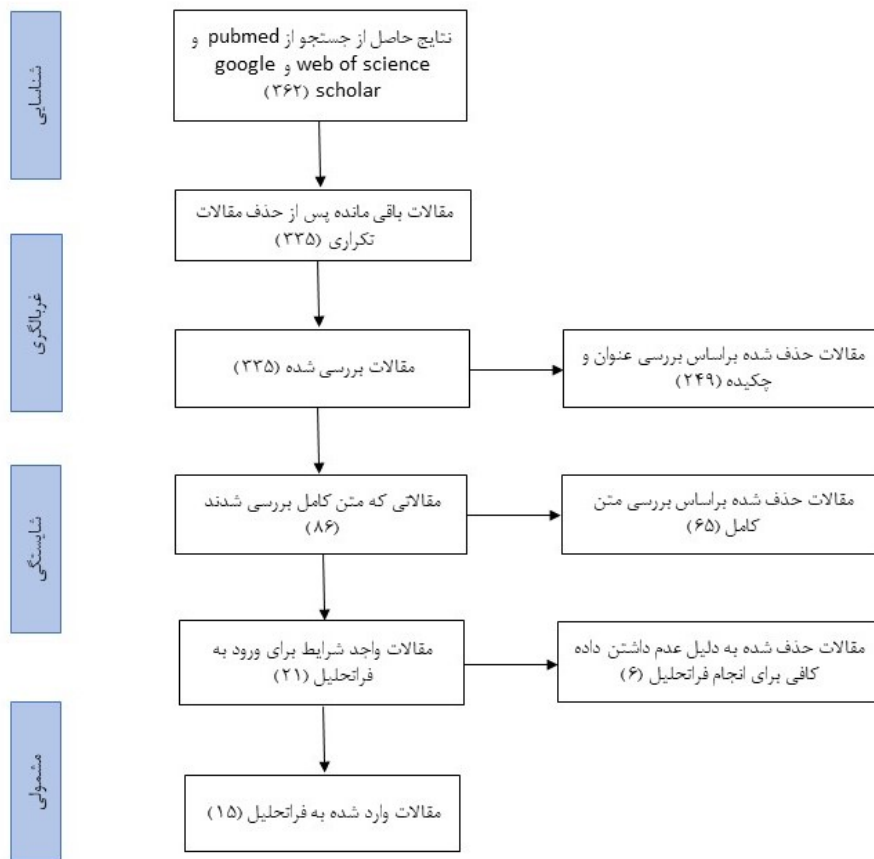
خستگی و ریکاوری ورزشکاران است که به‌عنوان یکی از موضوعات کاربردی و ضروری در برنامه‌ریزی و کنترل تمرین، مورد استفاده مربیان و ورزشکاران قرار می‌گیرد.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش مروری، تأثیر روش‌های پایش بر عملکرد جسمانی، خستگی و ریکاوری در جنبه‌های گوناگون عملکرد ورزشی مورد توجه قرار گرفته است. جستجوی مقالات با توجه به کلیدواژه‌های پایش ورزشی، پایش خستگی، پایش ریکاوری و پایش‌های نوین عملکردی، از پایگاه‌های داده‌های PubMed، Cochrane Library، Web of Science و Scopus از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۴ به‌صورت جداگانه توسط سه نفر جمع‌آوری شد. معیارهای ورود شامل: مقالات اصیل، دارای اعتبار علمی مجله، مرتبط با موضوع پژوهش، منتشر شده در بازه زمانی تعیین‌شده (۲۰۱۳ تا ۲۰۲۴)، و به زبان فارسی یا انگلیسی بود. همچنین معیارهای خروج شامل: مقالات تکراری، مطالعات مروری، مقالات بدون دسترسی به متن کامل و مقالات با کیفیت روش‌شناسی پایین یا فاقد اعتبار علمی بود. در نهایت، تعداد ۱۵ مقاله فارسی و انگلیسی که معیارهای ورودی را داشتند، انتخاب شدند و نتایج آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های استخراج‌شده از مقالات انتخابی با استفاده از نرم‌افزار Excel سازمان‌دهی و تحلیل شدند. این نرم‌افزار به دلیل قابلیت‌های بالا در مدیریت داده‌ها، ایجاد جداول مقایسه‌ای و انجام تحلیل‌های توصیفی، به‌عنوان ابزار اصلی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

می‌دهند. اگرچه این رویکرد در صورت مدیریت صحیح می‌تواند پس از یک دوره بیش‌جبرانی، سطح بالایی از سازگاری را ایجاد کند، اما قرار گرفتن ورزشکار در وضعیت بیش‌تمرینی می‌تواند منجر به کاهش عملکرد شود که این کاهش ممکن است از چند روز تا چند هفته ادامه یابد (۸). با این حال اگر عدم تناسب بین بار تجمعی تمرینات ناشی از خستگی و میزان ریکاوری برای یک دوره طولانی ادامه یابد ورزشکار می‌تواند وارد وضعیت بیش‌تمرینی شود. بیش‌تمرینی حالتی توصیف می‌شود که کاهش عملکرد با اختلالات روان‌شناختی ترکیب شده است و با وجود کاهش قابل‌ملاحظه بار تمرینی، همچنان به مدت طولانی‌تری باقی می‌ماند (۹). به همان اندازه که اجرای یک سیستم پایشی مهم است، توجه به تفاوت‌های فردی ورزشکاران نیز اهمیت دارد. به‌عنوان مثال برخی از ورزشکاران افزایش بار تمرین را بهتر از دیگران تحمل می‌کنند (۵) پایش نشانگرهای ایمنی مانند ایمونوگلوبولین A بزاق (IgA)^۱ و سیتوکین‌ها می‌تواند به شناسایی ورزشکاران در معرض خطر ابتلا به بیماری‌ها کمک کند. تحقیقات نشان داده‌اند که هم‌فعالیت‌های طولانی‌مدت و هم‌فعالیت‌های شدید در طول تمرینات و مسابقات، منجر به کاهش عملکرد سیستم ایمنی می‌شوند (۱۰). استراتژی‌های ریکاوری پس از فعالیت ورزشی می‌توانند به‌صورت فردی تنظیم شوند. برای مثال، ورزشکارانی که ریکاوری آن‌ها کند است، ممکن است نیازمند تمرینات تهاجمی‌تر و شدیدتر باشند. بنابراین، مربیان باید تعادل بین ریکاوری و سازگاری را مدیریت کنند و اثرات منفی ریکاوری بیش‌ازحد را در ورزشکاران بررسی نمایند (۱۱). هدف این پژوهش، بررسی شیوه‌های پایش و تأثیر آن‌ها بر عملکرد جسمانی،

^۱. Immunoglobulin A



شکل ۱. فلوچارت: مراحل انتخاب و تحلیل مقالات در پژوهش مروری تأثیر روش‌های پایش بر عملکرد جسمانی، خستگی و ریکاوری ورزشکاران

یافته‌ها

جدول ۱. پیشینه پژوهش پایش بر عملکرد جسمانی، خستگی و ریکاوری ورزشکاران

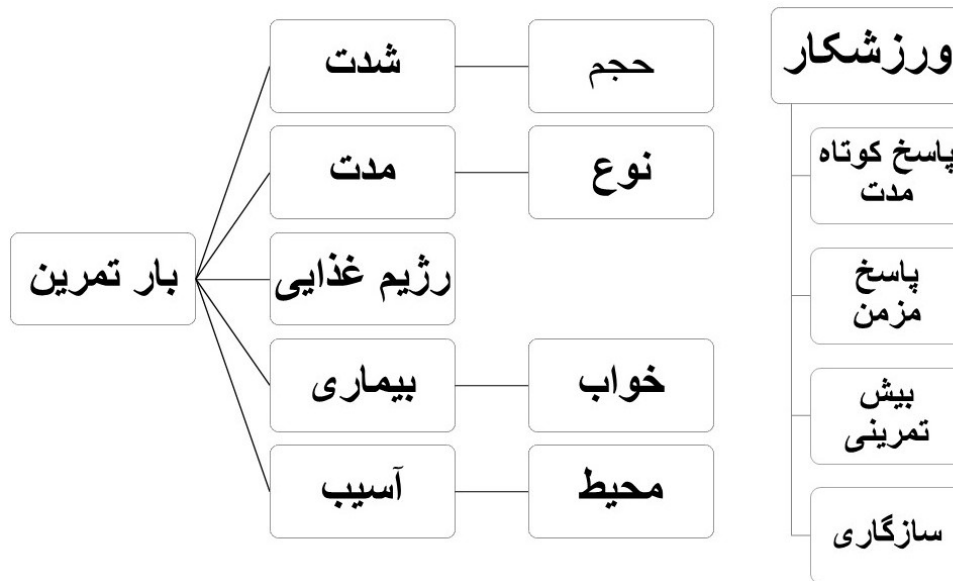
ردیف	پژوهشگران	آزمودنی‌ها	روش	نتیجه
۱	پژوهش کاترین نینگ و همکاران (۲۰۲۴) (۱۲)	بازیکنان فوتبال	پایش ضربان قلب در حالت استراحت و پایش شدت بار تمرینی و عملکردی	تمرین با شدت بالا منجر به افزایش در ضربان قلب و در حالت استراحت می‌شود، در حالی که تمرین با شدت پایین منجر به افزایش گذرا در ضربان قلب می‌شود.
۲	کریستوفر و همکاران (۲۰۲۲) (۱۳)	ورزشکاران استقامتی	شیوه‌ها و کاربردهای پایش تغییرات ضربان قلب	تغییرپذیری ضربان قلب امکان شناسایی سطح تمرین و درک ورزشکار از شرایط خود می‌شود و امکان افزایش شدت تمرین در ورزشکاران استقامتی را فراهم می‌کند.
۳	گارسیا و همکاران (۲۰۲۲) (۱۴)	بازیکنان زن فوتبال	پایش تغییرات ضربان قلب و ارتباط آن با دویدن با شدت بالا و بار تمرینی	ارزیابی‌های تغییرپذیری ضربان قلب و روان‌سنجی حساس مهم هستند و ارائه یک تکنیک ساده و غیرتهاجمی برای ارزیابی تغییرات در وضعیت ریکاوری/خستگی بازیکنان فوتبال مؤثر است.
۴	عین اله نادری و همکاران (۲۰۲۲) (۱۵)	بازیکنان فوتبال	ارتباط بار تمرینی و کیفیت کلی ریکاوری	کیفیت کلی ریکاوری و میزان بار کلی تمرین با خطر وقوع آسیب‌های ورزشی ارتباط معنی‌داری دارد و نظارت مکرر بر فرایند ریکاوری و بار تمرینی را برای به حداقل رساندن خطر آسیب‌دیدگی در بازیکنان جوان فوتبال نشان می‌دهد.

	آسیب‌های ورزشی در بازیکنان فوتبال را پایش کردند.			
۵	نوتیلا و همکاران (۲۰۲۱) (۱۶)	ورزشکاران استقامتی مبتدی	نظارت بر آموزش و بهبودی در طول دوره افزایش شدت یا حجم به همراه ضربان قلب	عملکرد ورزشکاران بر تغییرپذیری ضربان قلب و پرش سارجنت مشاهده شد، ضربان قلب می‌تواند شاخصی باشد که آیا ورزشکار با شرایط سازگار شده است یا خیر و راهی برای شناخت سازگاری ورزشکار با شرایط را مهیا می‌کند.
۶	رویز و همکاران (۲۰۲۰) (۱۷)	ورزشکاران استقامتی	تغییرپذیری ضربان قلب	تغییرپذیری ضربان قلب می‌تواند باعث بهبود عملکرد استقامتی و سازگاری‌های فیزیولوژیکی هوازی شود اما روش آموزش بسیار مهم است.
۷	لوپز و همکاران (۲۰۲۰) (۱۸)	تیم فوتبال	تجزیه و تحلیل پاسخگویی تنوع ضربان قلب فردی	تغییرات قابل توجه بعد از بازی فوتبال در نتیجه تجزیه و تحلیل روزانه تغییرپذیری ضربان قلب هر فرد در تشخیص تغییرات فردی در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال بسیار مفید و حائز اهمیت است.
۸	علیرضا ربانی و همکاران (۲۰۱۹) (۱۹)	بازیکنان فوتبال	زمان خستگی مسابقه در چهار روز: سودمندی شاخص هوپر و تغییرات ضربان قلب	شاخص هوپر یک ابزار نظارتی با کاربری آسان، بدون هزینه و غیرتهاجمی است و برای ردیابی خستگی ناشی از مسابقه در طول فصل در فوتبال حرفه‌ای امیدوارکننده به نظر می‌رسد.
۹	سو و همکاران (۲۰۱۵) (۲۰)	ورزشکاران تمرین کرده	سنجش‌های ذهنی بر ورزشکاران را بررسی کردند	سنجش‌های ذهنی در عمل کاربرد زیادی دارند و نکات قابل توجهی در اختیار مربی قرار می‌دهد.
۱۰	پل دارن جی و همکاران (۲۰۱۵) (۲۱)	بازیکنان فوتبال	میزان قدرت پا بازیکنان	بازیکنان به دلیل تکرار دویدن، پرش، ضربات با توپ و تمرینات اختصاصی میزان قدرت پای بازیکنان به حالت صعودی افزایش پیدا می‌کند. همچنین طراحی تمرینات اختصاصی قدرت پا مهم‌ترین فاکتور برای افزایش قدرت است.
۱۱	کارلینگ و همکارانش (۲۰۱۵) (۲۲)	بازیکنان فوتبال	اثرات تراکم رقابت‌ها را روی تیم‌های حرفه‌ای فوتبال	پایش سیستماتیک بازیکنان در دوران ریکاوری مسابقات با استفاده از اندازه‌گیری‌هایی مانند شاخص درک فشار، سلامتی و ریکاوری قدرت عضلانی، توانایی مربیان را برای تصمیم‌گیری مبنی بر شواهد درباره بازی دادن یا استراحت دادن به هریک از بازیکنان را برای مسابقه بعدی افزایش می‌دهد.
۱۲	مکی جکزیک و همکاران (۲۰۱۴) (۲۳)	بازیکنان فوتبال	Vo2max سنجش عملکرد هوازی	شاخص Vo2 max به‌عنوان یکی از معیارهای کلیدی ارزیابی توان هوازی بازیکنان، در طول فصل و تحت تأثیر تمرینات شدید و دوندگی‌های مکرر افزایش می‌یابد
۱۳	مک کال و همکاران (۲۰۱۴) (۲۴)	تیم‌های فوتبال	رویه‌های پایش که در تیم‌های فوتبال بین‌المللی لیگ برتر انگلیس استفاده می‌شود را گزارش کردند	در رابطه با پیشگیری از مصدومیت، متداول‌ترین تست‌ها، غربال‌گری حرکت، پرسشنامه‌ها، تست‌های فیزیکی و ارزیابی‌های انعطاف‌پذیری را از موارد مهم نظارت بر ورزشکاران را توصیه کردند.
۱۴	برادلی و همکارانش (۲۰۱۴) (۲۵)	ورزشکاران حرفه‌ای راگیبی	بار تمرین، غذای دریافتی و عملکرد جسمانی ورزشکاران	پایش وضعیت ورزشکاران می‌تواند به تمرین‌دهندگان کمک کند تا به پرسش‌های کلیدی در مورد عملکرد، ریکاوری و بهینه‌سازی تمرینات پاسخ دهند.
۱۵	بوچه‌ایت و همکاران (۲۰۱۳) (۲۶)	ورزشکاران فوتبال استرالیایی	میزان تناسب‌اندام، خستگی و عملکرد دویدن	در برنامه‌های ورزشی سطح بالا، سیستم‌های پایشی با ارزیابی بار تمرینی، فیزیولوژی، سلامت ذهنی و عملکرد جسمانی، به بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران و تصمیم‌گیری آگاهانه در زمینه تمرین، ریکاوری و پیشگیری از آسیب کمک می‌کنند.

شاخص مناسبی برای ارزیابی شدت بار تمرینی است. کریستوفر و همکاران (۲۰۲۳) تأکید کردند که تغییرپذیری ضربان قلب می‌تواند سطح تمرین و درک ورزشکار از شرایط خود را مشخص کند. گرکو و همکاران (۲۰۲۲) ارزیابی

در پژوهش‌های اخیر، نقش سیستم‌های پایشی در بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران به‌ویژه در فوتبال و راگیبی مورد توجه قرار گرفته است. کاترین نینگ و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که ضربان قلب در حالت استراحت

تغییرپذیری ضربان قلب و روان‌سنجی را به‌عنوان ابزاری غیرتهاجمی برای بررسی وضعیت ریکاوری بازیکنان پیشنهاد کردند. نادری و همکاران (۲۰۲۲) ارتباط بین بار تمرینی، کیفیت ریکاوری و وقوع آسیب‌ها را بررسی کردند و نشان دادند که نظارت بر این شاخص‌ها به کاهش خطر آسیب‌دیدگی کمک می‌کند. نوتیلا و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که ضربان قلب می‌تواند شاخصی برای سنجش سازگاری ورزشکاران با شرایط تمرینی باشد. رویز و همکاران (۲۰۲۰) در یک متاآنالیز، اثربخشی تمرینات مبتنی بر ضربان قلب را در بهبود عملکرد هوازی تأیید کردند. لوپز و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان دادند که تجزیه و تحلیل تغییرپذیری ضربان قلب به شناسایی تغییرات فردی در بازیکنان فوتبال کمک می‌کند. ربانی و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که شاخص هوپر ابزار مناسبی برای پایش خستگی بازیکنان است. سو و همکاران (۲۰۱۵) بر اهمیت ارزیابی‌های ذهنی در نظارت بر پاسخ‌های تمرینی تأکید کردند. دارن جی و همکاران (۲۰۱۵) افزایش قدرت پای بازیکنان را به تمرینات هدفمند مرتبط دانستند. جکزیک و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر ترکیب بدنی بر عملکرد هوازی را بررسی کردند و کارلینگ و همکاران (۲۰۱۵) اهمیت پایش بازیکنان در دوران ریکاوری مسابقات را نشان دادند. مک‌کال و همکاران (۲۰۱۴) رایج‌ترین روش‌های پایش در لیگ برتر انگلیس را گزارش کردند و بر اهمیت تست‌های فیزیکی و ارزیابی‌های انعطاف‌پذیری تأکید داشتند. برادلی و همکاران (۲۰۱۴) با پایش تمرینات راگی، توصیه‌هایی در زمینه تغذیه و نیازهای تمرینی ارائه کردند. بوچهایت و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که نظارت بر آمادگی جسمانی و خستگی در اردوی پیش‌فصل، به بهبود عملکرد ورزشکاران کمک می‌کند. به‌طورکلی، در برنامه‌های ورزشی سطح بالا، سیستم‌های پایشی جامع شامل اندازه‌گیری بار تمرینی، شاخص‌های فیزیولوژیکی، سلامت ذهنی و عملکرد جسمانی، نقش مهمی در بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران و کاهش آسیب‌ها ایفا می‌کنند.



شکل ۲. نمودار رابطه بین بار تمرین و واکنش ورزشکار نسبت به شرایط مختلف: پایش و تحلیل عملکرد

بحث و نتیجه‌گیری

برای درک پایش ورزشکار، باید آثار فیزیولوژیکی فشار تمرین را شناخت آثار فیزیولوژیکی یک محرک تمرین حاد، چند مدل وجود دارد مانند مدل سندروم سازگاری عمومی، مدل آمادگی - خستگی (۲۵) و مدل محرک - خستگی - ریکاوری - سازگاری (۲۶)، این مدل‌ها عوامل کلی و خاص مرتبط با پایش فشار فیزیولوژیکی را نشان می‌دهند. هر سه مدل تأکید دارند که خستگی مازاد بدون ریکاوری کافی می‌تواند به ناسازگاری و کاهش عملکرد منجر شود. در موارد شدید و ادامه‌دار، این وضعیت ممکن است به فراخستگی عملکردی و حتی فراخستگی غیرعملکردی منجر گردد (۱). یکی از عوامل مهمی که تمرین‌دهندگان هنگام ارزیابی پاسخ‌های فیزیولوژیکی ورزشکاران به تمرین باید در نظر بگیرند، استرس مزمن است. این عامل می‌تواند بر ریکاوری، سازگاری با تمرین و عملکرد ورزشکاران تأثیر بگذارد و در صورت عدم مدیریت مناسب، منجر به خستگی، بیش‌تمرینی و کاهش عملکرد شود (۲۷). کنتا و هاسمن در

تحقیقات خود بر این نکته تأکید دارند که فرآیند استرس و ریکاوری در ورزشکاران و افراد به‌طورکلی، تحت تأثیر عواملی مانند دامنه حاد استرس کل، تحمل فردی نسبت به استرس، و تفاوت‌های فردی در پاسخ‌های عصبی به استرس قرار دارد. به‌ویژه، رابطه‌ای قوی بین استرس و رهاسازی کورتیزول، هورمونی که در زمان استراحت و در پاسخ به استرس ترشح می‌شود، وجود دارد (۲۸). همچنین، استرس بالا می‌تواند توانایی ریکاوری بدن را تضعیف کند و این موضوع در ورزشکاران کاملاً مشهود است. استرس مزمن یا استرس شدید در طول تمرینات، به‌ویژه در بارهای تمرینی بالا، می‌تواند منجر به کاهش عملکرد، افزایش خطر آسیب‌دیدگی، و تأخیر در ریکاوری شود (۲۸). اولین بار پژوهشی توسط بنیستر و همکارانش (۱۹۹۷) گزارش کردند که عملکرد ورزشکار با اختلاف بین میزان آمادگی جسمانی و خستگی رابطه دارد (۲۹). مؤلفه‌های خستگی و آمادگی جسمانی، چندین جنبه دارند که در نهایت سطح آمادگی ورزشکار را تعیین می‌کنند. همچنین، پاسخ‌های فردی در ورزشکاران می‌تواند از جنبه‌هایی مانند اثر تجمعی بار و

وضعیت ریکاوری می‌تواند به جلوگیری از بیش‌تمرینی و بهبود عملکرد کمک کند (۳۴). ورزشکارانی که در وضعیت خستگی عملکردی بودند، نسبت به ورزشکارانی که با عنوان خستگی حاد در اثر تمرین تعریف شدند، نیازمند توجه بیشتری به پایش تمرین هستند. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت پایش در دوره تعدیل بار تمرین است. برای مثال، یک ورزشکار خسته ممکن است نیازمند دوره کاهش فشار طولانی‌تر و کاهش بیشتر بار تمرین باشد تا از بروز مشکلات طولانی‌مدت و آسیب‌دیدگی جلوگیری شود (۳۵). بی‌تمرینی و تمرین کمتر، از حوزه‌های مرتبط با کاهش فشار تمرین هستند. در برنامه‌های ورزشی سطح بالا، سیستم‌های پایشی جامع که ترکیبی از اندازه‌گیری‌های بازتمرینی، سیستم‌های فیزیولوژیکی، سلامت ذهنی و عملکرد فیزیکی هستند، رایج‌تر هستند. این سیستم‌ها کمک می‌کنند تا تمرین‌دهندگان بتوانند به‌طور مؤثر بار تمرینی را مدیریت کرده و از بیش‌تمرینی جلوگیری کنند، درحالی‌که به سلامت کلی ورزشکار و عملکرد بلندمدت او توجه دارند (۳۶). در مطالعات پژوهشی در زمینه خستگی غیر عملکردی ندرهوف و همکارانش (۲۰۰۸) در سه مطالعه موردی روی اسکیت بازهای سرعت حرفه‌ای ابزارهای پایش مختلف را بعد از دو دوره فعالیت دوچرخه‌سواری بیشینه بررسی کردند، از جمله پرسش‌نامه ریکاوری ورزشکاران، نمایه حالات خلقی (POMS) و کورتیزول. تفاوت‌های آشکاری بین سه ورزشکار مشاهده شد که در سه دسته فراخستگی عملکردی، در حال ریکاوری از فرا عملکردی و فرد سالم تقسیم شدند (۳۷). کوتس و همکارانش (۲۰۰۷) نشانگرهای فراخستگی را در ورزشکاران لیگ راگی بررسی کردند. گروهی از بازیکنان ۶ هفته در وضعیت فراخستگی قرار گرفتند و سپس ۱ هفته بار تمرینشان را کاهش دادند. این کاهش بار تمرین باعث بهبود عملکرد دویدن، پرش عمودی، VO_{2max} و کاهش آسیب عضلانی شد. نسبت گلوتامین به گلوتامات، تنها نشانگر حساس بیوشیمیایی برای تمایز فراخستگی عملکردی از غیرعملکردی بود. نتایج

خستگی، کمبود ریکاوری و شدت نشانه‌های خستگی استفاده کرد (۲۹). اگر فشار تمرین بیشتر از حد معمول باشد، ورزشکار خستگی بیشتری را تجربه خواهد کرد و به زمان بیشتری برای ریکاوری و سازگاری نیاز دارد (۳۰). تمرین‌دهنده می‌تواند با کاهش فشار تمرین، خستگی را کاهش دهد و روند ریکاوری و سازگاری را سریع‌تر کند. با این حال، در برخی دوره‌های زمانی مانند پیش‌فصل‌ها، ورزشکاران باید قادر به تحمل سطوح بارگذاری بالا باشند تا برای رقابت آماده شوند. در پایش ورزشکار، داده‌های زیادی تولید می‌شود و برای تحلیل مؤثر این داده‌ها، تمرین‌دهندگان به ابزارهای پژوهشی نیاز دارند. آمار، علم جمع‌آوری، دسته‌بندی، تحلیل و تفسیر داده‌های عددی است (۳۱). ماتوس و همکارانش (۲۰۱۱) برای تقسیم‌بندی ورزشکاران به دسته‌های بیش‌تمرینی، خستگی روزانه و کاهش معنادار عملکرد را مبنای قرار دادند که کاهشی که از چند هفته تا چند ماه طول می‌کشد. در مطالعه آن‌ها مشخص شد که ۲۹٪ از ورزشکاران جوان، نشانه‌های فراخستگی غیرعملکردی و بیش‌تمرینی را تجربه می‌کنند و ۳۷٪ از ورزشکاران ورزش‌های فردی در مقابل ۱۷٪ از ورزشکاران ورزش‌های تیمی، به دلیل حجم‌های تمرینی بالاتر در معرض خطر بیشتری هستند (۳۲). ریسک بالاتر در سطح ورزشکاران حرفه‌ای نیز دیده می‌شود: ۳۷٪ از ورزشکاران سطح ملی و ۴۵٪ از ورزشکاران سطح بین‌المللی، نشانه‌ها را تجربه می‌کنند. طبق نتایج تمامی این مطالعات، ورزشکاران سطح بالا در ورزش‌ها و سنین مختلف، به‌طور مداوم فراخستگی و بیش‌تمرینی را تجربه می‌کنند. در پژوهش‌های موجود در این زمینه، عمدتاً از ورزشکاران استقامتی هوازی فردی استفاده شده است، فقط تعداد کمی از مطالعات روی ورزشکاران ورزش‌های تیمی کار کرده‌اند (۳۳). در پژوهش ابری و همکاران (۲۰۱۴) بر ورزشکاران سه‌گانه‌کار حرفه‌ای، مشخص شد که پایش تمرین نقش مهمی در جلوگیری از نتایج منفی بیش‌تمرینی دارد. این پژوهش نشان داد که پایش دقیق میزان بار تمرینی و

1. Profile of mood states

داشته باشد و از بیش‌تمرینی، آسیب و مشکلات مرتبط با آن دور بماند و ریکاوری سریع‌تری را تجربه کند.

نشان داد که حتی افزایش‌های کوچک در بار تمرین می‌تواند منجر به فراخستگی شود، بنابراین داشتن سنجش‌های دقیق از بار تمرین ضروری است (۳۳). در پژوهش بوسکه و همکاران (۲۰۰۸) مشخص شد که بیش‌تمرینی موجب کاهش عملکرد ورزشکاران می‌شود. آزمون‌های عملکردی مانند تست دو رفت و برگشت تناوبی برای فوتبالیست‌ها و تست زولادز برای دوندگان، در شناسایی میزان خستگی و تشخیص بیش‌تمرینی نقش مهمی ایفا می‌کنند (۳۸). همچنین، سنجش‌های ریکاوری ضربان قلب به‌عنوان نشانگرهای بالقوه بیش‌تمرینی و خستگی بررسی شده‌اند و طبق یک تحلیل، تأثیر اضافه‌بار بر ضربان قلب یکنواخت نیست (۳۹). بنابراین، استفاده از سنجش‌های درک فشار تمرین (RPE) در طول اجرای تست‌های فعالیتی و جلسات تمرینی می‌تواند به‌عنوان یک روش ساده و کاربردی برای پایش علائم احتمالی بیش‌تمرینی مورد استفاده قرار گیرد. این شاخص ذهنی، با ارزیابی ادراک ورزشکار از شدت تمرین، اطلاعات ارزشمندی درباره وضعیت جسمانی و روانی او فراهم می‌کند و به شناسایی زود هنگام هرگونه ناهماهنگی بین بار تمرینی و توانایی بازیابی کمک می‌کند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در طول فصل مسابقات، برای بهبود آماده‌سازی بازیکنان، افزایش عملکرد، کاهش خستگی و پیشگیری از بیش‌تمرینی، نیاز به پایش دقیق و صحیح عوامل مرتبط با عملکرد و استفاده از ابزارهای مناسب در این زمینه احساس می‌شود. به‌دلیل حساسیت بالا و فشردگی تمرینات، تغییراتی از نوع پیکرسنجی، فیزیولوژیکی، عملکردی، خستگی و بیش‌تمرینی بازیکنان به‌صورت هفتگی و جلسه به جلسه مشخص می‌شود. مربیان و متخصصان با توجه به نتایج، می‌توانند شناخت کاملی از شاخص‌های عملکردی، خستگی و ریکاوری ورزشکار داشته باشند و در تصمیم‌گیری‌های خود نسبت به نوع، مدت و شدت تمرین، همچنین میزان عملکرد و خستگی بازیکنان به‌صورت تیمی و انفرادی، برنامه‌ریزی کنند تا ورزشکار سیر صعودی در مسیر پیشرفت

References

1. McGuigan M. Monitoring Training and Performance in Athletes: Human Kinetics; 2017.
2. Hopkins WG. Quantification of Training in Competitive Sports. *Sports Medicine*. 1991;12:161-83.
3. Saw AE, Main LC, Gastin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2016;50(5):281-91.
4. Bradley WJ, Cavanagh BP, Douglas W, Donovan TF, Morton JP, Close GL. Quantification of Training Load, Energy Intake, and Physiological Adaptations During a Rugby Preseason: A Case Study From an Elite European Rugby Union Squad. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(2):534-44.
5. Plews DJ, Laursen PB, Meur YL, Hausswirth C, Kilding AE, Buchheit M. Monitoring Training With Heart-Rate Variability: How Much Compliance Is Needed for Valid Assessment? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014;9(5):783-90.
6. Buchheit M, Laursen PB. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. *Sports Medicine*. 2013;43(5):313-38.
7. Cross MJ, Williams S, Trewartha G, Kemp SPT, Stokes KA. The Influence of In-Season Training Loads on Injury Risk in Professional Rugby Union. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2016;11(3):350-5.
8. Coutts AJ. In the Age of Technology, Occam's Razor Still Applies. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014;9(5):741-.
9. Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2013;45(1):186-205.
10. Gleeson M, Bishop N, Oliveira M, Tauler P. Influence of training load on upper respiratory tract infection incidence and antigen-stimulated cytokine production. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2013;23(4):451-7.
11. Murray A, Cardinale M. Cold applications for recovery in adolescent athletes: a systematic review and meta analysis. *Extreme Physiology & Medicine*. 2015;4(1):17.
12. Katherine Ning Li Katherine Ning Li ZT. Application strategies of resting heart rate for monitoring training load intensity in football players. *International Medical Science Research Journal*. 2024.
13. Lundstrom CJ, Foreman NA, Biltz G. Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes. *Int J Sports Med*. 2023;44(1):9-19.
14. Santos-García DJ, Serrano DR, Ponce-Bordón JC, Nobari H. Monitoring Heart Rate Variability and Its Association with High-Intensity Running, Psychometric Status, and Training Load in Elite Female Soccer Players during Match Weeks. *Sustainability*. 2022;14(22):14815.
15. Naderi A, Bagheri S, Panah HA. The relationship between training load and overall recovery quality with the occurrence of sports injuries in soccer players. *Journal of Safety Promotion & Injury Prevention*. 2022;10(3).

16. Nuutila O-P, Nummela A, Häkkinen K, Seipäjärvi S, Kyröläinen H. Monitoring Training and Recovery during a Period of Increased Intensity or Volume in Recreational Endurance Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(5):2401.
17. Medellín Ruiz JP, Rubio-Arias JÁ, Clemente-Suarez VJ, Ramos-Campo DJ. Effectiveness of Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Versus Predefined Training for Physiological and Aerobic Performance Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Applied Sciences*. 2020;10(23):8532.
18. Muñoz-López A, Naranjo-Orellana J. Individual versus team heart rate variability responsiveness analyses in a national soccer team during training camps. *Scientific Reports*. 2020;10(1):11726.
19. Rabbani A, Clemente FM, Kargarfard M, Chamari K. Match Fatigue Time-Course Assessment Over Four Days: Usefulness of the Hooper Index and Heart Rate Variability in Professional Soccer Players. *Front Physiol*. 2019;10:109.
20. Saw AE, Main LC, Gatin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2016;50(5):281-91.
21. Paul DJ, Nassis GP. Testing Strength and Power in Soccer Players: The Application of Conventional and Traditional Methods of Assessment. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(6):1748-58.
22. Carling C, McCall A, le Gall F, Dupont G. What is the extent of exposure to periods of match congestion in professional soccer players? *Journal of Sports Sciences*. 2015;33:2116 - 24.
23. Maciejczyk M, Więcek M, Szymura J, Szyguła Z, Wiecha S, Cempla J. The influence of increased body fat or lean body mass on aerobic performance. *PLoS One*. 2014;9(4):e95797.
24. McCall A, Carling C, Nedelec M, Davison M, Le Gall F, Berthoin S, et al. Risk factors, testing and preventative strategies for non-contact injuries in professional football: current perceptions and practices of 44 teams from various premier leagues. *British Journal of Sports Medicine*. 2014;48(18):1352-7.
25. Cairns SP. Holistic approaches to understanding mechanisms of fatigue in high-intensity sport. *Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior*. 2013;1(3):148-67.
26. Fröhlich M, Faude O, Klein M, Pieter A, Emrich E, Meyer T. Strength Training Adaptations After Cold-Water Immersion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(9):2628-33.
27. Kenttä G, Hassmén P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med*. 1998;26(1):1-16.
28. Milanez VF, Ramos SP, Okuno NM, Boullosa DA, Nakamura FY. Evidence of a Non-Linear Dose-Response Relationship between Training Load and Stress Markers in Elite Female Futsal Players. *J Sports Sci Med*. 2014;13(1):22-9.
29. Calvert TW, Banister EW, Savage MV, Bach TM. A Systems Model of the Effects of Training on Physical Performance. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1976;SMC-6:94-102.
30. Stone MH, Stone M, Sands B, Sands WA. *Principles and Practice of Resistance Training: Human Kinetics*; 2007.
31. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. *Research methods in physical activity*. Seventh edition ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2015.

32. MATOS NF, WINSLEY RJ, WILLIAMS CA. Prevalence of Nonfunctional Overreaching/Overtraining in Young English Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(7):1287-94.
33. Coutts AJ, Reaburn P, Piva TJ, Rowsell GJ. Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur J Appl Physiol*. 2007;99(3):313-24.
34. Aubry A, Hausswirth C, Louis J, Coutts AJ, Y LEM. Functional overreaching: the key to peak performance during the taper? *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(9):1769-77.
35. Pyne DB, Mujika I, Reilly T. Peaking for optimal performance: Research limitations and future directions. *J Sports Sci*. 2009;27(3):195-202.
36. Buchheit M, Morgan W, Wallace J, Bode M, Poulos N. Physiological, psychometric, and performance effects of the Christmas break in Australian football. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(1):120-3.
37. Nederhof E, Zwerver J, Brink M, Meeusen R, Lemmink K. Different diagnostic tools in nonfunctional overreaching. *Int J Sports Med*. 2008;29(7):590-7.
38. Zoladz JA, Sargeant AJ, Emmerich J, Stoklosa J, Zychowski A. Changes in acid-base status of marathon runners during an incremental field test. Relationship to mean competitive marathon velocity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1993;67(1):71-6.
39. Bosquet L, Merkari S, Arvisais D, Aubert AE. Is heart rate a convenient tool to monitor overreaching? A systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*. 2008;42(9):709-14.