Is it Possible to Prevent Injuries by Controlling the Training Load? a Systematic Review

Tayebi A[1], Alizadeh MH[2] Rajabi H [3], Shahrbanian SH [4]

1- PhD Student in Sports Injuries and Corrective Exercises, Department of Sports Sciences, Faculty of Sports and Health Sciences, University of Tehran, Iran
2- Professor, Department of Sports Injuries and Biomechanics, Faculty of Sports and Health Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
3- Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
4- Associate Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 2022.12.28 Accepted: 2023.04.18

Abstract

Purpose: Training of athletes can be quantified by training load. In recent years, the concept of training load has received more attention, and this is important because the necessity of monitoring the athlete in line with the required adaptations of the desired sport's needs is of great importance. Therefore, studies considering the relationship between training load and the risk of injury and overtraining are more emphasized. The purpose of the present study is to answer the question of whether it is possible to prevent injuries by controlling the exercise load?

Methods: Articles were searched in the PubMed Medline and Science direct and Google scholar database and keywords injury, exercise load, and combination of words Injury& Prediction and Load & Injury 2016 and 2022. Only experimental and semi-experimental studies were reviewed.

Results: A total of 25 articles were selected among 507 studies based on the inclusion criteria. Most of the reviewed studies introduced the ACWR criterion as an important criterion in measuring training load and reported its relationship as an injury risk factor. These studies investigated the relationship between training and competition load and athletes' injuries. The results of the reviewed studies showed that the ACWR criterion is an important criterion in measuring the training load and this criterion is introduced as an injury risk factor.

Conclusion: Results of the present study showed training load is related to the possibility of injury in athletes, but there is still a debate in scientific circles about the exact way of this relationship. Additionally, the best way to measure load training is the measurement of internal and external load together. Results also illustrated that the pattern of impact of training load on the probability of injury in athletes in individual and team sports is different. In order to consider the principle of individual differences in the probability of injury, it is necessary to use criteria that can report the internal load of each athlete individually.

Keywords: Injury, Injury prevention, Training load, Workload

آیا می توان با کنترل بار تمرین از آسیب دیدگی پیشگیری کرد؟ مروری نظام مند بر مطالعات انگلیسی زبان

عارف طیبی [۱]، محمد حسین علیزاده[۲]، حمید رجبی[۳]، شهناز شهربانیان [۴]

هدف: تمرین ورزشکاران می تواند به وسیله بار تمرین کمی سازی شود. در سال های اخیر مفهوم بار تمرین مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و این مهم به این دلیل است که ضرورت تحت نظر گرفتن ورزشکار در راستای سازگاری های مورد نیاز ورزش مورد نظر از اهمیت بالایی برخوردار است و همچنین مطالعات رابطه بین بار تمرین و ریسک آسیب‌دیدگی و بیش تمرینی را مورد تأکید قرار داده اند. هدف از مطالعه حاضر پاسخ به این سوال است که آیا می توان با کنترل بار تمرین از آسیب دیدگی پیشگیری کرد؟

► **Please cite this article as:**
Tayebi A, Alizadeh MH, Rajabi H, Shahrbanian SH. Is it Possible to Prevent Injuries by Controlling the Training Load? a Systematic Review. **JPSR** 2023; 12(3): 107-120. **DOI:** 10.22038/JPSR.2023.67647.2426

روش بررسی: جستجوی مقالات در سایت های تخصصی Pubmed Medline, Google scholar و Science direct و کلمات کلیدی بار (Load)، بار تمرین (Workload)، و ترکیب کلمات، پیشگیری و آسیب (Prediction & Injury)، بار و آسیب (Load & Injury) بین سال های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ بود. تنها مطالعاتی که تجربی و نیمه تجربی بودند مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: تعداد ۲۵ مقاله براساس معیارهای ورود به مطالعه از بین ۵۰۷ مقاله انتخاب شدند. مجموعا مطالعات ۲۰۴۵ آزمودنی را مورد بررسی قرار داده‌اند. این مطالعات به بررسی رابطه بار تمرین و مسابقه و آسیب های ورزشکاران پرداخته بودند. اکثر مطالعه های بررسی شده معیار (Acute Chronic Workload; ACWR) معیار مهمی در سنجش بار تمرینی معرفی نمودند و رابطه آن را به عنوان یک ریسک فاکتور آسیب دیدگی گزارش کرده اند. نتایج مطالعه های بررسی شده نشان می دهد که معیار ACWR معیار مهمی در سنجش بار تمرینی است و این معیار به عنوان یک ریسک فاکتور آسیب دیدگی معرفی می شود.

نتیجه گیری: به طور خلاصه در مطالعه حاضر نتایج به صورت برجسته عبارت اند از : ۱- بار تمرینی با احتمال بروز آسیب در ورزشکاران در ارتباط است ولی در مورد چگونگی دقیق این ارتباط، همچنان در محافل علمی بحث وجود دارد.۲- بهترین راه اندازه گیری بار تمرین، اندازه گیری بار درونی و بیرونی به صورت توامان است ۳- الگوی تاثیرگذاری بار تمرین بر احتمال بروز آسیب در ورزشکاران در ورزش های انفرادی و تیمی متفاوت است. ۴- برای در نظر گرفتن اصل تفاوت های فردی در احتمال بروز آسیب استفاده از معیار هایی که بتواند بار درونی هر ورزشکار به صورت جداگانه گزارش کند، ضروری است.

کلمات کلیدی: آسیب، پیشگیری از آسیب، بار تمرینی. بار درونی، بار بیرونی

نویسنده مسئول: عارف طیبی، Aref.tayebi@gmail.com، ORCID: 0000-0002-6043-2927

آدرس: تهران، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی

۱- دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی،گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، ایران

۲- استاد گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۴- دانشیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

مقدمه

این گزاره که آسیب های ورزشی بر عملکرد تیم و ورزشکار تاثیرگذار هستند گزاره ای قابل قبول در بین متخصصان علوم ورزشی است. این آسیب ها می تواند به صورت بالقوه در نتیجه اعمال بار تمرین و مسابقه در نظر گرفته شود که البته می تواند اجتناب پذیر باشد. عملکرد یک ورزشکار در پاسخ به تمرین می تواند در نهایت طی شرایطی به عملکرد مثبت (آمادگی) و عملکرد منفی (خستگی) منجر شود. تحریک تمرینی (بار مناسب تمرینی) در محدوده ایده آل عاملی است که شبکه عملکردی را به اوج می رساند بدون اینکه باعث بروز اثرات منفی (بیماری، آسیب، خستگی، بیش تمرینی) شود. این مساله که تعادل میان میزان بار (درونی: فشار که به وسیله اندازه گیری پاسخ های فاکتور- های سیستم بیولوژیکی اندازه گیری شود که ممکن است فیزیولوژیکی یا روانی باشد و بیرونی: هر تحریک بیرونی که برای ورزشکار بدون در نظر گرفتن ویژگی های فرد اندازه گیری می شود) و ظرفیت بافت نقش اساسی در بروز آسیب ایفا می کند گزاره ای پذیرفته شده در بین متخصصان حوزه آسیب های ورزشی است (۲، ۱).

تعداد آسیب ها و بیماری ها در المپیک ریو ۲۰۱۶ بر اساس مطالعه اپیدمیولوژیک Soligard و همکاران (۸) در بین ۱۱۲۷۴ ورزشکار شرکت کننده در رقابت ها ۱۱۰۱ آسیب گزارش شده است که به عبارتی نرخ ۹/۸ آسیب را به ازای هر ۱۰۰ ورزشکار در طی ۱۷ روز رقابت ها را متصور می شود (۸). در مطالعه مذکور محققان گزارش نمودند که تقریبا $\frac{۲}{۳}$ آسیب ها باعث هیچ گونه غیبتی از تمرین و مسابقه برای ورزشکار نمی شوند و تنها حدود ۴۰٪ آسیب- های ثبت شده ورزشکاران را از حضور در مسابقه یا تمرین منع می کنند. با این حال نتایج این مطالعه حاکی از این است که تنها ۲۰٪ این آسیب ها در طبقه آسیب های شدید

قرار می گیرند که به غیبت ورزشکار از فعالیت ورزشی بیش از ۷ روز منجر شده اند (۸). از آنجا که بر اساس نتایج این مطالعه ۱۰٪ (N=۱۱۵) آسیب های ثبت شده ورزشکار را بیش از ۲۸ روز از فعالیت های ورزشی دور نگه می دارد می توان این گونه نتیجه گرفت که حدودا ۱۱۵ ورزشکار المپیکی در ریو به دلیل آسیب های ورزشی این رقابت ها را به طور کل از دست داده اند (۸).

به لحاظ علت شناسی آسیب های ورزشی، بروز آسیب ناشی از بر همکنش (Interaction) عوامل بیرونی و درونی است. در این راستا و برای مشخص شدن عوامل خطر زا بیرونی و درونی تحقیقات زیادی انجام گرفته است. بر همین اساس احتمالا یکی از دردسترس ترین عوامل تنظیم بار تمرینی مناسب است. منظور از بار تمرینی مناسب میزان تمرینی است که علاوه بر افزایش سطح عملکرد ورزشکار در حوزه تخصصی خود، بتواند میزان خطر بروز آسیب و بیماری را به حداقل کاهش دهد. به عنوان مثال MacIntosh (۳) در سال ۲۰۰۵ مدلی ارائه داده است که بر اساس این مدل رفتار و مهارت ورزشکار در درون زمین مسابقه و تمرین که خود می تواند از مربی متاثر باشد و مجموعه اتفاقات داخل زمین به همراه بار مکانیکی وارده در طول فعالیت و سطح پاسخ های بیومکانیکی همگی در یک پیوستار در نهایت وقوع یا عدم وقوع آسیب را موجب می شوند (۳). بر همین اساس احتمالا یکی از در دسترس-ترین عوامل تنظیم بار تمرینی مناسب است. منظور از بار تمرینی مناسب میزان تمرینی است که علاوه بر افزایش سطح عملکرد ورزشکار در حوزه تخصصی خود، بتواند میزان خطر بروز آسیب و بیماری را به حداقل کاهش دهد. این آسیب ها می تواند به صورت بالقوه در نتیجه اعمال بار تمرین و مسابقه در نظر گرفته شود که البته می تواند اجتناب پذیر باشد. عملکرد یک ورزشکار در پاسخ به تمرین می تواند در نهایت طی شرایطی به عملکرد مثبت (آمادگی) و عملکرد منفی (خستگی) منجر شود. تحریک تمرینی (بار مناسب تمرینی) در محدوده ایده آل عاملی است که شبکه عملکردی را به اوج می رساند بدون اینکه باعث بروز اثرات منفی (بیماری، آسیب، خستگی، بیش تمرینی) شود (۵، ۴). بنابراین به وضوح مشخص است که بار تمرینی (شدت، حجم، تکرار...) متفاوت تاثیرات متفاوتی را بر عملکرد ورزشکار خواهند گذاشت که در صورتی که بار مناسب اعمال نشود، علاوه بر اثرات منفی بر عملکرد ورزشکار می تواند باعث آسیب و بیماری نیز شود (۷، ۶).

از این روی و با توجه به آمار و ارقام ارائه شده کاملا اهمیت پیشگیری از آسیب های ورزشی مخصوصا در ورزشکاران نخبه مشخص است و با توجه به اینکه پیشگیری از آسیب های ورزشی یکی از رسالت های مهم مربیان و متخصصین ورزشی علاوه بر افزایش عملکرد ورزشی است، به نظر می رسد مروری نظام مند بر آخرین دستاوردهای بار تمرین به عنوان یک ریسک فاکتور بالقوه آسیب های ورزشی ضرورت دارد. در سال های اخیر مفهوم بار تمرین مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. همچنین مطالعات رابطه بین بار تمرین و ریسک آسیب‌دیدگی و بیش تمرینی را مورد تأکید قرار داده اند (۷، ۶). از این جهت تعیین و اعمال بار تمرینی مناسب برای هر جلسه تمرینی و در ادامه برای برنامه ی تمرینی به صورت کلی از اهمیت بالایی برخوردار است. از این روی تعدادی از پرسش هایی که در این مطالعه به دنبال پاسخ به آنها هستیم را می توان به این صورت مطرح نمود: اعمال بار به چه میزان(در چه بازه ای)؟ به چه صورت؟ برای چه شخصی؟ تا احتمال بروز آسیب به حداقل برسد؟ بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی مطالعات هفت سال اخیر برای روشن نمودن رابطه بین بار اعمالی در تمرین و مسابقات با میزان بروز آسیب های ورزشی است.

روش بررسی

جستجوی مقالات در سایت های تخصصی Pubmed Medline و Science direct و Google scholar انجام شد که محدوده پوشش در زمینه های آسیب، بار تمرینی، رابطه بین بار و آسیب در بین سال های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ شامل می شد. استراتژی جستجو بر اساس سوال تحقیق (آیا می توان با کنترل بار تمرین از آسیب دیدگی پیشگیری کرد؟) بنیان نهان شده بود و بر این اساس تنها مطالعاتی که تجربی و نیمه تجربی بودند مورد بررسی قرار گرفتند و از بررسی مطالعات مرروری و متا آنالایز و بیانیه-ها و مطالعات غیر پژوهشی و همچنین مطالعات موردی اجتناب شد. تمامی مقالات بر اساس استراتژی تحقیق تنها می بایست به زبان انگلیسی بوده و الزاما تمامی متن آن در دسترس می بود. جهت جستجوی مقالات در بانک های اطلاعاتی یاد شده ابتدا کلمات کلیدی بار (Load)، بار تمرین (Workload)، و ترکیب کلمات، پیشگیری و

آسیب (Prediction & Injury)، بار و آسیب (Load & Injury) به صورت جداگانه جستجو شد و نتایج در نرم افزار Mendeley ذخیره شدند (N=۵۰۷).به صورت کامل عبارات جست و جو شده در دیتا بیس های یاد شده به این ترتیب بود:

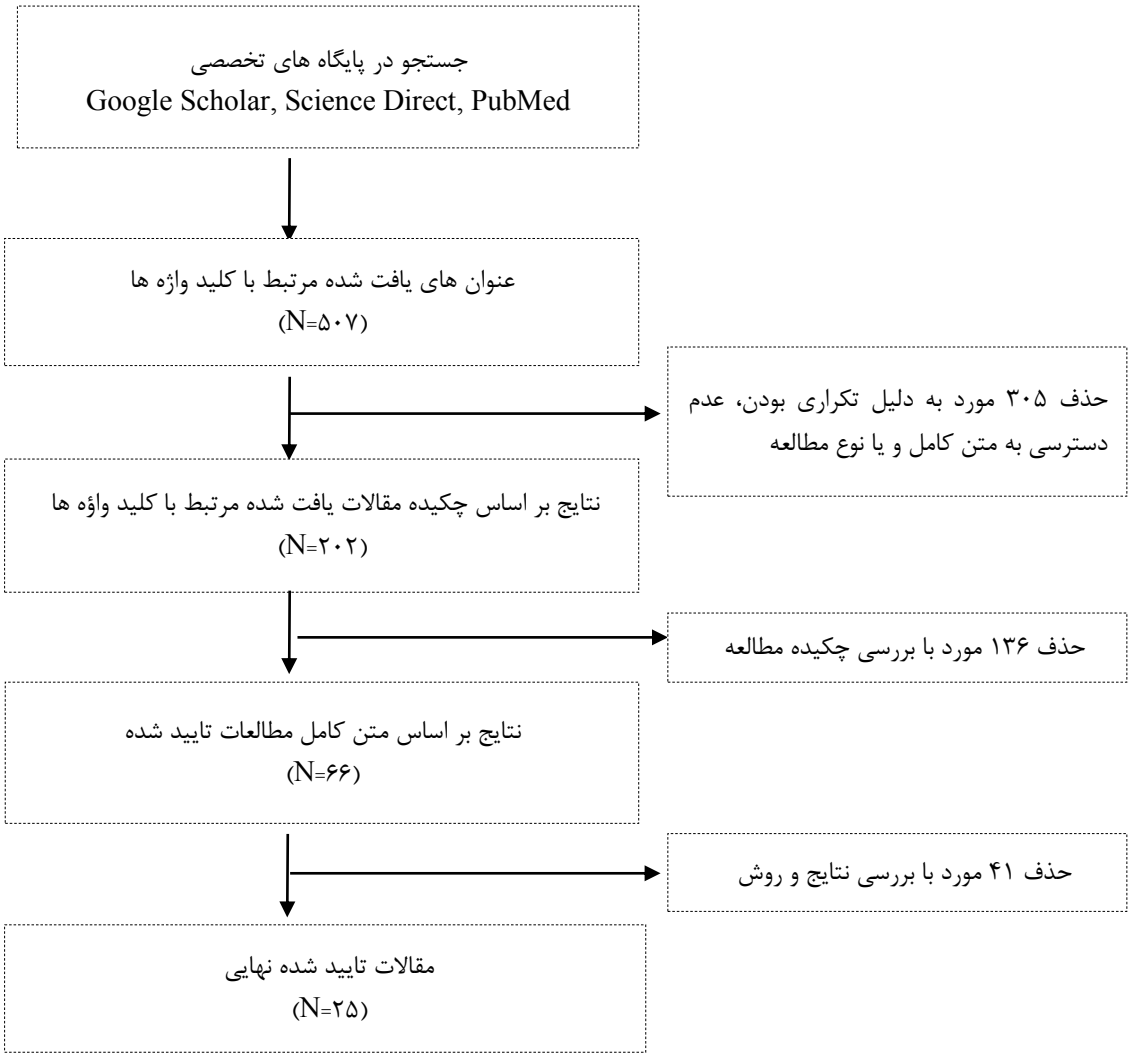
(Load OR workload AND Load & Injury AND Prediction & Injury) .در مرحله بعدی اقدام به حذف مقالات تکراری ومقالاتی که روش تحقیقی آنها غیر از تجربی و یا نیمه تجربی بودند و مقالاتی که متن کامل آنها دردسترس نبود، شد (N=۲۰۲). سپس جستجو با ترکیب کلمات کلیدی یاد شده در دستور کار قرار گرفت و مقالاتی که در عنوان یا چکیده آن ها هر دو کلمات کلیدی بار تمرین و آسیب وجود داشتند ذخیره شدند (N=۶۶). بعد از آن با بررسی متن مقالات، مطالعاتی که در روش یا نتیجه آن ها به رابطه بار تمرینی و آسیب های ورزشی اشاره شده بود و همچنین متغیر های اندازه گیری شده با معیار های پژوهش مطابقت داشتند و آزمودنی های آنها ورزشکاران نخبه بودند، جدا شدند (N=۲۵). این روند به صورت مجزا دو بار تکرار شد تا احتمال هرگونه اشتباه را به حداقل برساند. نمودار ۱ تعداد و نحوه انتخاب مطالعات را نشان می‌دهد. در مرحله بعد جدولی شامل موارد نام نویسندگان، نام مقاله، سال انتشار، آزمودنی ها، تعداد آزمودنی ها، متغیر اندازه گیری شده و نتایج، تدوین و برای تمامی مطالعاتی که استانداردهای ورود تعیین شده به تحقیق در مطاله حاضر را داشتند تکمیل شد. منابع مطالعات مذکور در جهت یافتن منابع مشابه که احتمال ورود به مطالعه را داشتند بررسی شد. همچنین از نظر سوگیری های احتمالی مقالات توسط یکی از نویسندگان بررسی شد. این مطالعه مطابق با موارد گزارش ترجیحی برای مرورهای نظام مند و فرا تحلیل پریسما تدوین شده است(۹). از آنجا که این مطالعه مروری بر ادبیات پیشین بود نیاز به تأیید کد اخلاق و رضایت آگاهانه نداشت.

یافته ها

در کل تعداد ۲۵ مطالعه شرایط نهایی ورود به تحقیق را به دست آوردند. مجموعا مطالعات ۲۰۴۵ آزمودنی را مورد بررسی قرار داده اند. از مجموع این ۲۵ مطالعه ۸ مطالعه برای به دست آوردن بار تمرین از معیار بار بیرونی (Global Positioning System; GPS) استفاده کرده‌اند یک مطالعه با استفاده از اطلاعات پایگاه داده های STATS (http://stats.com/) که به صورت آنلاین در دسترس بود داده های خام را جمع‌آوری کرده است و دو مطالعه نیز هم از GPS به عنوان ابزار سنجش بار بیرونی و هم از sRPE به عنوان سنجش بار درونی(Session Rating of Perceive Exertion ; sRPE) به‌صورت هم‌زمان استفاده کرد ه‌است. مابقی مطالعات (N=۱۵) sRPE را به عنوان ابزار بدست آوردن داده های خام مورد استفاده قرار داده اند. اکثر مطالعه های بررسی شده معیار نسبت بار لحظه ای به بار تدریجی (AcuteChronic Workload Ratio; ACWR) فارغ از این که بار بیرونی را معیار قرار داده باشند یا بار درونی را، معیار مهمی در سنجش بار تمرینی معرفی نمودند ولی رابطه آن را به عنوان یک ریسک فاکتور آسیب دیدگی گزارش کرده اند. دو مطالعه محدوده بالاتر از ACWR بیشتر از ۲ را با افزایش ریسک آسیب دیدگی معرفی نمودند.یک مطالعه ACWR بین ۱/۰۰ تا ۱/۲۵ را محدوده محافظت شده و کم ریسک آسیب معرفی نموده‌است یک مطالعه محدوده ACWR بین۱/۰۰ – ۱/۴۹ را محدوده محافظت شده و کم ریسک آسیب معرفی کرده‌است. یک مطالعه بار بیشتر ۱/۵ را با افزایش خطر آسیب دیدگی مرتبط دانسته اند. یک مطالعه در معرض قرار گرفتن بازیکنان در مقابل دویدن با سرعت زیاد و همچنین دوهای با شدت زیاد در مسافت های طولانی را در افزایش خطر آسیب دیدگی مؤثر دانسته است. یک مطالعه افزایش بار با شیب بالا در برنامه هفتگی را عامل خطرساز آسیب دیدگی دانسته است. اکثر مطالعه های بررسی شده معیار ACWR معیار مهمی در سنجش بار تمرینی معرفی نمودند و رابطه آن را به عنوان یک ریسک فاکتور آسیب دیدگی گزارش کرده اند. دو مطالعه هم رابطه معناداری ACWR و خطر آسیب دیدگی بر اساس نتایج مطالعه گزارش نکرده است. سه مطالعه نیز معیار بار تمرینی را برای پیش بینی آسیب مناسب نمی دانند.اطلاعات کامل این مطالعات در جدول ۱ آورده شده است.

بحث و نتیجه گیری

هدف از این مطالعه پاسخ به این سوال است که آیا با کنتزل بار تمرین می توان از آسیب پیشگیری کرد ؟ لذا برای پاسخ به این سوال به بررسی مطالعات انگلیسی زبان در بین



نمودار ۱: نحوه انتخاب مطالعات

جدول ۱: خلاصه مطالعات منتخب

نام نویسندگان	نام مقاله	آزمودنی ها	تعداد آزمودنی	روش اندازه گیری	نتایج اصلی
Bowen و همکاران (۱۰)	Spikes in acute:chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5–7 times greater injury rate in English Premier League football players: a comprehensive 3-year study	بازیکن فوتبال لیگ برتر انگلیس	۳۳	بار بیرونی به وسیله GPS*	توصیه می شود که برای برنامه ریزی افزایش عملکرد و همچنین پیشگیری از آسیب ورزشکاران مانیتورینگ ACWR ** انجام شود و از افزایش این بار بیشتر از ۲ خوداری شود
West و همکاران (۱۱)	Training Load and Injury Risk in Elite Rugby Union: The Largest Investigation to Date	بازیکنان حرفه ای راگبی	۶۹۶	بار درونی sRPE***	به نظر نمی آید که ارتباطی بین ACWR و خطر آسیب دیدگی وجود داشته باشد.
Patel و همکاران (۱۲)	The influence of growth and training loads on injury risk in competitive trampoline gymnasts	ژیمناست های ملی پوش در رشته ترامپولین	۲۱	بار درونی sRPE	رابطه معنا داری بین افزایش قد و بار تمرینی و همچنین آسیب دیدگی در آزمودنی ها گزارش نشد.
Myers و همکاران (۱۳)	The Acute:Chronic Workload Ratio Is Associated with Injury in Junior Tennis Players	باریکن جوان تنیس	۴۲	بار درونی sRPE	مدل ارائه شده نشان می دهد که شاخص های ACWR هفته اخیر و سابقه آسیب قبلی معنادار-ترین معیار ها برای پیش بینی آسیب در هفته پیش رو هستند
Gabbet و همکاران (۱۴)	To Couple or not to Couple? For Acute:Chronic Workload Ratios and Injury Risk, Does it Really Matter?	باریکنان نخبه کریکت	۲۸	بار درونی sRPE	تفاوت معناداری بین رابطه ACWR زوجی و غیر زوجی با خطر آسیب دیدگی وجود ندارد.

Jaspers و همکاران (۱۵)	Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players	بازیکنان حرفه ای فوتبال	۳۵	بار بیرونی به وسیله GPS بار درونی sRPE	نتایج نشان دهنده این است که بار بیرونی به طور کلی با کاهش و افزایش آسیب در ارتباط است. پیشنهاد می شود برای پیشگیری از آسیب در بازیکنان فوتبال از شاخص های چندگانه برای مانیتورینگ بار استفاده شود .
Malone و همکاران (۱۶)	High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk?	بازیکن فونبال	۳۷	بار درونی sRPE	در معرض قرار دادن بازیکنان در برابر دویدن با سرعت بالا و دوهای کوتاه با شدت بالا احتمال آسیب دیدگی را بالا می برد
Fanchini و همکاران (۱۷)	Despite association, the acute:chronic work load ratio does not predict non-contact injury in elite footballers	بازیکنان نخبه فوتبال	۳۴	بار درونی sRPE	تغییرات مطلق بار هفته به هفته رابطه معناداری ولی غیر مشخصی با خطر آسیب دیدگی دارد . اما ACWR3ACWR4،ACWR2 رابطه کاملا مشخصی با آسیب دیدگی دارد ولیکن ACWR قابلیت پیش بینی ضعیفی در شناسایی خطر آسیب دیدگی از خود نشان داده است .
Caparros و همکاران (۱۸)	Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games	بسکتبالیست های حرفه ای	۳۳	بار بیرونی از پایگاه داده (STATS)	بازیکنانی که کمتر از یا مساوی ۳ کاهش شتاب و یا کمتر از ۱/۳ مایل در بازی داشته اند بیشتر در معرض آسیب دیدگی قرار دارند . بنابر این بازیکنانی که کمتر بار تحمل می کنند بیشتر در معرض آسیب هستند
Carey و همکاران (۱۹)	Predictive modelling of training loads and injury in Australian football	بازیکنان نخبه فوتبال	۷۲	بار بیرونی به وسیله GPS بار درونی sRPE	نتایج مدل سازی پیش بینی آسیب توانی ضعیفی در جهت پیش بینی آسیب برای داده هایی که از قبل دیده نشده بود از خود نشان داد. تمرکز بر مدل سازی با رویکرد پیش بینی یک آسیب خاص و افزایش حجم داده ای تمرین برای توسعه مدل سازی پیش بینی کننده توصیه شده است .
Delecroix و همکاران (۲۰)	Workload and non-contact injury incidence in elite football players competing in European leagues	بازی کنان نخبه فوتبال	۱۳۹	بار درونی sRPE	با استفاده از اندازه گیری بار درونی sRPE رابطه بین بار هفته سوم و چهارم با بروز آسیب معنا دار است. ACWR با ترکیب بار هفته های ۲و ۳و ۴ با افزایش خطر آسیب دیدگی همراه است . با این حال هیچ ترکیبی از ACWR برای پیش بینی آسیب دیدگی مناسب نیست .
McCall و همکاران (۲۱)	Internal workload and non-contact injury: A one-season study of five teams from the UEFA Elite Club Injury Study	بازیکنان نخبه فوتبال	۱۷۱	بار درونی sRPE	اگرچه نتایج مطالعه نشان می دهد که ACWR یک ریسک فاکتور آسیب در بازیکنان فوتبال است ولی کن نباید آن را به تنهایی به عنوان یک شاخص پیش بینی کننده آسیب در نظر گرفت
Murray و همکاران (۲۲)	Individual and combined effects of acute and chronic running loads on injury risk in elite Australian footballers	بازیکنان نخبه فوتبال	۵۹	بار بیرونی به وسیله GPS	نتایج نشان می دهد که افزایش سریع و ناگهانی بار دویدن با افزایش ریسک آسیب در همان هفته و در هفته متعاقب آن همراه است
Malone و همکاران (۲۳)	The acute:chonic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer	بازیکنان حرفه ای فوتبال	۴۸	بار درونی sRPE	نتایج نشان داد که بار بین ۰۰/۱ تا ۲۵/۱ می تواند بازیکنان فوتبال را در مقابل آسیب دیدگی محافظت کند . ظرفیت نتاوبی هوازی بیشتر محافظت بیشتری در مقابل آسیب پذیری هنگامی که ورزشکاران در معرض افزایش سریع بار تمرینی قرار می گیرند ، ایجاد می کند. بار تمرینی متوسط همراه با ACWR کم تا متوسط و یا متوسط تا شدید ظاهرا برای بازسکنان فوتبال باعث محافظت در مقابل آسیب دیدگی می شود.
Colby و همکاران (۲۴)	Multivariate modelling of subjective and objective monitoring data improve the detection of non-contact injury risk in elite Australian footballers	فوتبالیست های نخبه	۷۰	بار درونی sRPE	بار تدریجی یک فاکتور مهم در رابطه بار - آسیب محصوب می شود. بار تدریجی کم همراه با ACWR کم یا شدید با افزایش خطر آسیب رابطه معنا داری دارند

Bartlett و همکاران (۲۵)	Relationships Between Internal and External Training Load in Team-Sport Athletes: Evidence for an Individualized Approach	باریکنان حرفه ای فوتبال	۴۱	بار بیرونی به وسیله GPS بار درونی sRPE	مهمترین فاکتور تاثیرگذار در گزارش بار درونی مسافت طی شده در طول تمرین بوده است
Weiss و همکاران (۲۶)	The Relationship Between Training Load and Injury in Men's Professional Basketball	بسکتبالیست های حرفه ای	۱۳	بار درونی sRPE	آسیب دیدگی در بین بازیکنانی که نرخ بار بین ۱/۰۰ – ۱/۴۹ را تجربه کرده اند به صورت معناداری کمتر از سایر بازیکنان بوده است
Murray و همکاران (۲۷)	Calculating acute: Chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages	باریکنان حرفه ای فوتبال	۵۹	بار بیرونی به وسیله GPS	نتایج نشان داد که شوک های بزرگ در بار با افزایش آسیب دیدگی رابطه معناداری دارد
Bowen و همکاران (۲۸)	Accumulated workloads and the acute: Chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players	باریکنان حرفه ای فوتبال	۳۲	بار بیرونی به وسیله GPS	بار تجمعی و ACWR با ریسک بزرگتری از آسیب دیدگی همراه هست. هرچند افزایش بار تدریجی ممکن است باعث تحمل فیزیکی بیشتر بازیکنان در مقابل بار لحظه ای شوند.
Malone و همکاران (۲۹)	Protection against spikes in workload with aerobic fitness and playing experience: The role of the acute: Chronic workload ratio on injury risk in elite gaelic football	بازیکنان فوتبال نخبه	۳۷	بار درونی sRPE	نتایج نشان می دهد که افزایش ACWR بیش از ۲ در هفته با افزایش ریسک آسیب دیدگی همراه است و از طرفی هم ظرفیت هوازی بالا همراه با تجربه بازی می تواند در حفاظت ورزشکار از آسیب دیدگی در مقابل افزایش سریع ACWR موثر باشد.
Cross و همکاران (۳۰)	The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union	بازیکنان حرفه ای راگبی	۱۷۳	بار درونی sRPE	افزایش خطی خطر آسیب دیدگی با تغییرات بار هفته به هفته و بار تجمعی هفتگی زیاد . رابطه U شکل بار تجمعی ۴ هفته ای با خطر آسیب دیدگی مشاهده شد
Veugelers و همکاران (۳۱)	Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football	باریکنان حرفه ای فوتبال	۴۵	بار درونی sRPE	بار های تمرینی بزرگتر محافظت بیشتری در مقابل آسیب و بیماری مهیا می کنند.
Hulin و همکاران (۳۲)	The acute: Chronic workload ratio predicts injury: High chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players	بازیکنان حرفه ای راگبی	۵۳	بار بیرونی به وسیله GPS	بار های تمرینی بزرگتر هم می تواند اثرات مثبت و هم اثرات منفی بر خطر آسیب دیدگی در بازیکنان راگبی بگذارد . در مقایسه با بازیکنانی که در معرض ACWR کمتری قرار دارند بازیکنانی که در معرض ACWR بیشتری قرار دارند در محدوده متوسط پایین تا متوسط بالا درمقابل آسیب دیدگی مقاومت بیشتری دارند هرچند نسبت به اعمال شوک در بار تمرینی آسیب پذیر تر هستند .
Hulin و همکاران (۳۳)	Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players	بازیکنان حرفه ای راگبی	۲۸	بار بیرونی به وسیله GPS	ACWR>=۱/۵ با خطر بروز آسیب بیشتری در مسابقات همراه هست به خصوص هنگامی که فاصله ریکاوری بین مسابقات کمتر باشد .
Murray و همکاران (۳۴)	Relationship Between Preseason Training Load and In-Season Availability in Elite Australian Football Players	باریکنان حرفه ای فوتبال	۴۶	بار بیرونی به وسیله GPS	خطر بروز آسیب در بازیکنانی که بار تمرینی کمی را متحمل می شوند نسبت به بازیکنانی که بار تمرینی زیادی متحمل می شوند ۱/۲ بیشتر است .

AcuteChronic Workload Ratio; ACWR؛ (Session Rating of Perceive Exertion ; sRPE) , (http://stats.com/) STATS؛Global Positioning System; GPS

سال های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ پرداختیم. تمرین ورزشکاران می تواند به وسیله بار تمرین کمی‌سازی شود. در سال های اخیر مفهوم بار تمرین مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و این مهم به این دلیل است که ضرورت مانیتورینگ ورزشکار در راستای سازگاری های مورد نیاز ورزش مورد نظر، از اهمیت بالایی برخوردار است و همچنین مطالعات رابطه بین بار تمرین و ریسک آسیب‌دیدگی و بیماری و بیش تمرینی را مورد تأکید قرار داده اند (۷، ۶).

به مجموع فشار (با و یا بدون برنامه) وارد شده به ورزشکار ناشی از شرکت در یک یا چند جلسه تمرینی در مدت زمان مشخص را بار تمرینی می گویند (۷).Windt و Gabbett (۳۵) بر این باور هستند که فشار اعمالی تمرینی بر ورزشکار در تمرین یک شمشیر دو لبه است که اگر کم یا بیش از حد باشد موجب بروز آسیب و کاهش عملکرد ورزشی در ورزشکار خواهد شد. بار بیش از حد تمرینی اگر چه باعث افزایش آمادگی بدنی و احتمالا افزایش سطح عملکرد خواهد شد ولی به همان اندازه می تواند خطر آسیب بافت-های نرم بدن را بالا برده و در نتیجه باعث کاهش سطح عملکرد ورزشکار شود. از طرف دیگر بار تمرینی ناکافی و کم از یک سو آمادگی بدنی ورزشکار را تضعیف می کند و در ادامه باعث کاهش سطح عملکرد ورزشکار خواهد شد و از سوی دیگر احتمالا باعث افزایش خطر بروز آسیب خواهد شد (۳۵). به صورت کلی بار تمرین در مطالعات در دو بخش شناخته می شود: بار بیرونی-بار درونی. بار بیرونی عموما به وسیله دستگاه های اندازه‌گیری می شود که به نحوی در حین تمرین یا مسابقه قابلیت همراه بودن با ورزشکار را دارا باشند Seshadri و همکاران (۳۶) در مطالعه مروری خود به بیش‌از ۳۰ کمپانی که تجهیزات سنجش بار بیرون را تهیه می‌کنند اشاره می‌کند. پراستفاده ترین ابزار سنجش بار بیرونی که بر اساس حسگرهای حرکتی ساخته شده است سیستم مکان‌یابی جهانی (GPS) است که به تجهیزات مختلف با دسترسی به چنین اطلاعات یکی از حیاتی‌ترین بخش های مانیتورینگ است (۳۷). به همین لحاظ معیار درک تلاش (RPE) و معیار درک تلاش در جلسه تمرینی (sRPE) که بسیار ساده در استفاده، غیر تهاجمی، در دسترس و دارای روایی و پایایی قابل قبول است می‌تواند ابزار مناسب و بهینه ای برای کنترل بار و عناصر مرتبط با آن برای مربیان باشد (۳۸).

یکی از روش های بکار برده شده در مطالعات که هم برای اندازه گیری بار درونی و هم برای اندازه گیری بار بیرونی مورد استفاده قرار گرفته شده است، نسبت بار لحظه ای به بار تدریجی (ACWR) است (۴۰، ۳۹). نسبت بار لحظه-ای به تدریجی نرخ مقایسه ای فشار که ورزشکار در آن فعالیت داشته است و یا در معرض آن قرار گرفته است نسبت به میزان فشار که وی برای آن آمادگی داشته است .(منعکس کننده آمادگی ورزشکار) است (۴۱). این معیار از زمانی مورد توجه محققین قرار گرفت که مطالعات نشان دادند که نسبت بار لحظه ای به تدریجی معیار دقیقتری برای پیش بینی آسیب نسبت به بار لحظه ای و تدریجی به صورت جداگانه است (۳۵). Hulin و همکاران (۳۹) از این معیار به عنوان معیار اندازه گیری بار بیرونی استفاده کردند. محققین طی ۲ سال میزان تحرک بازیکنان را به وسیله دستگاه GPS در طی حدود ۱۴۰۰ مسابقه و ۶۷۷۷ جلسه تمرینی ثبت کردند.برای هر فرد میزان بار تمرینی لحظه ای مقدار میانگین کل تحرک یک هفته ای و بار تدریجی را میانگین تحرک فرد در ۴ هفته در نظر گرفته شد. محققین در نهایت گزارش کردند که که بار های تمرینی شدیدتر می تواند هم اثرات مثبت و هم منفی بر روی بروز آسیب بازیکنان حرفه ای راگبی داشته باشند، مخصوصا در مقایسه با افرادی که بار تدریجی کوچکتری را تجربه کرده اند. بازیکنانی که بار تدریجی شدیدتری را تجربه کرده اند مقاومت بالاتر در مقابل آسیب دیدگی در محدوده معیار نسبت بار لحظه ای به تدریجی ۸۵/ تا ۱/۳۵ نشان داده اند و همچنین در مقابل بارهای لحظه ای شوکی (Spike in acute workload; SAW) که در مقیاس بار لحظه ای به تدریجی > ۱/۵ بوده در رابطه با آسیب دیدگی، آسیب پذیرترنشان داده اند(۳۹).

اندازه گیری بار بیرونی برای تعیین میزان مناسب بار اعمالی مناسب در تمرینات محدودیت هایی را همراه دارد که ممکن است تحلیل نتایج مطالعه را کمی دشوار کند. شواهدی وجود دارد که بیان می کند یک بار اعمالی مشخص بر روی دو ورزشکار به دلیل تفاوت های فردی (سن ، جنس، ژنتیک و...) ممکن است استرس متفاوتی ایجاد کند و از این بابت در یک ورزشکار باعث سازگاری و در دیگری باعث عدم سازگاری شود (۳۵، ۷). Gabbett (۴۲) تفاوت های احتمالی در نتیجه اعمال یک بار مشخص را در بازیکنان کم تجربه (حدود ۱۷ سال) و با تجربه (حدود ۲۵ سال) راگبی مورد بررسی قرار داد. وی دریافت که

افزایش توان عضلانی و توان هوازی حداکثر در بازیکنان کم تجربه به صورت معناداری بیشتر از بازیکنان با تجربه بوده است و همچنین گزارش نمود که آسیب پذیری بازیکنان با تجربه نسبت به کم تجربه در یک بار مشابه بیشتر است (۴۲). Rogalski و همکاران (۴۳) نیز در مطالعه خود بر روی بازیکنان فوتبال استرالیایی به این نتیجه رسید که اعمال یک بار تمرینی مشخص می توانند به صورت معنا داری بازیکنان با تجربه (۷+ سال) را بیشتر در معرض آسیب قرار دهد (۴۳). بنابراین اگرچه Hulin و همکاران (۳۹) از معیار نسبت بار لحظه ای به تدریجی استفاده کرده اند ولی آنچه محققین نتوانستند به عنوان یک عنصر تاثیرگذار در رابطه بین اعمال بار و احتمال آسیب در مطالعه دخالت دهند تفاوت های فردی است، هر چند این گونه به نظر می رسد که این محدودیت در هرمطالعه ای که بار بیرونی را اندازه- گیری می کند وجود دارد.

برای اندازه گیری بار تمرینی روش های زیادی وجود دارد که عمدتا بر اساس تلفیقی از اندازه گیری بار تمرینی بیرونی (مسافت طی شده، میزان وزنه جابه جا شده و...) و بار تمرینی درونی(تعداد ضربان قلب، حداکثر اکسیژن مصرفی، درک تلاش و ...) بنیان نهاده شده اند (۴۴، ۳۵). در مطالعات اخیر به دلایل مختلف که مهمترین آن ها تفاوت خصوصیات فردی ورزشکاران با هم دیگر است معیاری با عنوان" نرخ درک تلاش" برای اندازه گیری بار تمرینی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. در آخرین مطالعات انجام شده در این حوزه بر اساس معیار یاد شده برای تعیین بار تمرینی مناسب معیار جدیدی ارائه شده است. این معیار نسبت شدیدترین بار تمرینی به بار تمرینی میانگین در طی یک دوره زمانی است (۳۹). رویکرد معیار ACWR به صورت ضمنی از همان پارامترهای مدل خستگی-آمادگی پیروی می‌کند (۴۵) ولی الگوی ارائه شده ACWR به صورت کامل توسط مربیان پذیرفته نشده است. یکی از دلایل می‌تواند تفاوت روند افزایش بار در این الگو با روش افزایش بار توسط مربیان باشد (۴۶). به عبارتی افزایش فشار ناگهانی در هر ورزشی در الگوی مورد اشاره به عنوان یک خطا در نظر گرفته می شود (که الزاما توسط مربیان به دلایل مختلف مخصوصا در سطوح غیر حرفه ای رعایت نمی شود) (۴۶). از طرف دیگر اکثر مطالعات انجام شده بر اساس الگوی ACWR در ورزش های تیمی انجام شده است و به نظر می رسد به لحاظ عملی معیار مذکور در روش های انفرادی آن‌چنان با دقت عمل نمی‌کند. در همین ارتباط اخیرا مطالعه ای بر روی شناگران انجام شده است که توصیه کرده است معیار ریکاوری لحظه ای و اندازه استرس و ریکاوری (Acute Recovery and Stress Scale; ARSS) نسبت به ACWR در این ورزشکاران روایی بهتری دارد (۴۷). البته در همین زمینه همچنان نتایج مطالعات متناقض است. به عنوان مثال در مطالعه ای که اخیرا منتشر شده است نتایج نشان می‌دهد که برای تنیسورهای نیمه آماتور همچنان ACWR و سابقه آسیب از بهترین پیش‌بینی‌کننده ها هستند (۴۸). از آنجایی که هم شنا و هم تنیس جزء ورزش های انفرادی محسوب می شوند محققین بر این عقیده هستند که تفاوت در نتایج به دلیل اثر متقابل مستقیم حریف بر ورزشکار و فاکتورهای زمینه ای است. بدین معنا که در تنیس ورزشکاران به صورت مستقیم تحت تاثیر حریف خود هستند و از این جهت بسیاری از پارامترها و خصوصیت های ورزش های تیمی را مانند خط امتیاز گیری، زمان فصل مسابقه، استانداردهای متقابل و فرمت بازی را متحمل می شوند که در ورزش شنا به عنوان مثال این فاکتورهای زمینه ای کمتر تاثیرگذار هستند (۴۹، ۴۵). علاوه بر این از لحاظ فیزیولوژیکی ورزش های انفرادی نیازمند افزایش حداکثری یک قابلیت آمادگی جسمانی مانند توان، قدرت و... است، در عین حال در ورزش های تیمی چنین مسئله ای (افزایش حداکثری یک قابلیت) ضروری به نظر نمی‌آید و تنها کافی است شاخصه های بهینه فیزیولوژیکی با توجه به عملکرد مورد نیاز و ذات چندوجهی این ورزش‌ها تأمین شود. این شاخص های فیزیولوژیکی به عنوان مثال می تواند شامل مهارت های تکنیکی، شاخص های فیزیکی، رفتارهای تاکتیکی که با اصول بیولوژیکی اختصاص یافته در هر ورزش همسو است، باشد(۵۰).

از طرف دیگر تفاوت های بین ورزش های تیمی و انفرادی (به معنایی که توضیح داده شد) می تواند به دلیل تقویم رقابتی و پرتراکم و پرحجم‌تر این ورزش ها در مقایسه با زمان کوتاه تر دوره مسابقات در ورزش های انفرادی باشد، از این روی دو فاکتور اساسی در تنظیم بار تمرینی که زمان اوج (Peak Time) و تیپرینگ (Tapering) هستند را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد و الگوی بارگذاری را به کلی دست‌خوش تغییر می‌کند(۵۱). علاوه بر نکات ذکرشده یکی دیگر از عوامل کلیدی که این رویکرد جدید را

غیرقابل‌اجتناب می‌کند تفاوت بین روش سنتی زمان‌بندی و برنام ەریزی تمرین و روش مدرن آن است (۵۲). در روش سنتی آنچه که مورد تاکید است برنامه ریزی بار تمرینی و مسابقه می باشد. درحالی‌که رویکرد مدرن یک پلن چندوجهی شامل استراتژی های ریکاوری، تغذیه، مهارت های روان‌شناختی و روند پیشرفت مهارتی را در نظر می‌گیرد و در نهایت همه این فاکتورها را به صورت هم‌زمان در برنامه ریزی کوتاه مدت و بلندمدت دخالت می‌دهد (۵۳).

رابطه بین بار درونی و بیرونی بین ورزش های انفرادی و گروهی تفاوت معناداری دارد (۵۴). این مسئله به صورت مستقیم بر روی کیفیت مانیتورینگ تمرین تأثیرگذار است. مانیتورینگ بار بیرونی و درونی بواسطه رابطه تک وجهی با یکی از عوامل آمادگی جسمانی کار راحت تری است (۵۵).در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۷ با هدف بررسی رابطه بین بار خارجی و درونی بر روی فوتبالیست های استرالیایی انجام شد نتایج حاکی از این بود که تأثیرگذارترین فاکتور در افزایش RPE فاصله طی شده توسط بازیکن در طول تمرین و مسابقه بوده است. به این معنی که هر چه فاصله طی شده توسط بازیکنان در تمرین یا مسابقه بیشتر بوده است RPE گزارش شده در آن نوبت توسط بازیکن بیشتر بوده است به عبارت دیگر می‌توان عنوان داشت که RPE با مسافت طی شده رابطه ای مستقیم دارد. اگرچه که در این مطالعه فاکتور مسافت طی‌شده مهم‌ترین فاکتور اثرگذار بر RPE گزارش‌شده است ولی محققین در همین مطالعه گزارش کردند که این مسئله می تواند در ورزشکاران مختلف متفاوت باشد. از آنجا که در این مطالعه از GPS به عنوان ابزار اندازه‌گیری بار بیرونی استفاده شده است و این وسیله عناصری مانند حداکثر سرعت دویدن، میانگین سرعت، شتاب را نیز اندازه‌گیری می‌کند، بدین‌ترتیب محققان با بررسی ارتباط بین عناصر بالا و RPE گزارش شده دریافتند که در برخی از بازیکنان تأثیرگذارترین عامل الزاماً مسافت طی‌شده نبوده است (۲۵). بنابراین پژوهشگران این مطالعه پیشنهاد دادند که با استفاده از سنجش بار بیرونی و درونی در ورزشکاران می‌توان به رویکردی جدید دست یافت که براساس آن مشخص شود که کدام ورزشکار تحت چه عاملی بیشتر تحت فشار قرار می‌گیرند (۲۵). از این روی احتمالا می‌توان علاوه بر شناسایی عوامل خستگی به‌صورت فردی در هر شخص نقاط ضعف و ورزشکار از لحاظ فاکتورهای زیست حرکتی را نیز به صورت اختصاصی در یک فضای کاملا واقعی تمرین درک نمود و به تدوین برنامه متناظر اقدام کرد. البته این پژوهش تنها بر روی فوتبالیست های استرالیایی انجام شده است و به نظر می رسد بررسی صحت دستاوردهای این مطالعه در رشته های دیگر گروهی نیز می‌تواند به دقت نتایج این رویکرد پیشنهادی کمک شایانی بنماید.

نکته دیگری که می‌توان در بررسی بار تمرینی حائز اهمیت باشد ضرورت سنجش بار به صورت انفرادی به دلیل تفاوت پاسخ‌های ورزشکاران به یک بار معین است (۵۷، ۵۶). به طور کلی بار درونی به عنوان پاسخ‌های بیولوژیکی سیستم های روانی و فیزیکی بدن ورزشکار درنتیجه ی بار بیرونی وارد شده در طی تمرین اطلاق می‌شود که با معیارهای مختلفی مانند سطح اکسیژن خون، ضربان قلب، میزان لاکتات خون و میزان اکسیژن مصرفی و یا شاخص درک فشار اندازه‌گیری می شود (۵۸). در مقابل بار بیرونی به فعالیت های مکانیکی و حرکتی گفته می‌شود که توسط ورزشگاه در طی تمرین انجام می شود و با معیارهای مختلفی از جمله قدرت، سرعت، تغییرات سرعت و جهت اندازه‌گیری می شود(۵۹).

رابطه بین بار ACWR و sRPE و بار بیرونی با توجه به تفاوت‌ها و نیازهای روانی- فیزیولوژیکی در ورزش های تیمی هم متفاوت است (۶۰). بنابراین باید توجه داشت که با توجه به آخرین دستاوردهای علمی رابطه بین ACWR و ریسک آسیب در ورزش های تیمی نیز قابل جابجایی نیست و نمی‌توان نتایج این رابطه در یک ورزش تیمی را در ورزش تیمی دیگر مورداستفاده قرار داد (۴۵) و به همین دلیل مطالعات نشان می دهد که رابطه بین بار بیرونی و درونی در ورزش های تیمی به حالت تمرین بستگی دارد (۶۱). Boullosa و همکاران (۴۵) پیشنهاد داده اند که رویکرد شخصی سازی شده در ورزش های تیمی ممکن است بهتر بتواند در کاهش احتمال آسیب‌دیدگی و افزایش عملکرد راه‌گشا باشد.

Impellizzeri و همکاران (۶۳، ۶۲) در دو یادداشت که در مجله تمرین ورزشکاران چاپ شده است رابطه بین بار تمرینی (Training load; TL) و احتمال بروز آسیب که اخیرا به صورت گسترده مورد توجه محققین ورزش قرار گرفته است را به چالش کشیده اند. وی معتقد است که در رابطه بین بار تمرین و احتمال وقوع آسیب عملا توهمی

است که با توجه به نقص در تحقیقات گذشته و همچنین چارچوب‌های مانیتورینگ تمرین قابل‌قبول نمی‌باشد و ادعا می‌کنند که مطالعات قبلی اگرچه رابطه بین بار تمرینی و آسیب را تایید می‌کند ولیکن این رابطه به معنای پیش‌بینی و همچنین رابطه علت و معلولی نیست. از این نظر ممکن است کاهش بار تمرینی موجب آسیب نشود. Impellizzeri (۶۳، ۶۲) عنوان می دارد که تاکنون هیچ مطالعه‌ای تاثیر علت و معلولی بار تمرینی و کاهش آسیب را بررسی نکرده‌است. به عبارت دیگر می توان گفت وی معتقد است که اگرچه رابطه بار تمرین با وقوع آسیب مشخص شده است، این به این معنا نیست که اگر بار تمرین را کاهش دهیم آسیب هم کاهش پیدا می‌کند (۶۳، ۶۲). البته در نظر داشته باشید که مطالعه مذکور از معدود مطالعاتی است که رابطه بین بار تمرینی و احتمال بروز آسیب در ورزشکاران را با این صراحت زیر سوال می برد و محققین در مطالعه حاضر نمونه ای مشابه با مشخصات یاد شده را، یافت نکردند.

به طور خلاصه در مطالعه حاضر نتایج مطالعات اکثرا بر چهار مورد توافق دارند: ۱- بار تمرینی با احتمال بروز آسیب در ورزشکاران در ارتباط است ولی در مورد چگونگی دقیق این ارتباط، همچنان در محافل علمی بحث وجود دارد.۲- بهترین راه اندازه گیری بار تمرین، اندازه گیری بار درونی و بیرونی به صورت توامان است۳- الگوی تاثیرگذاری بار تمرین بر احتمال بروز آسیب در ورزشکاران در ورزش های انفرادی و تیمی متفاوت است. ۴- برای در نظر گرفتن اصل تفاوت های فردی در احتمال بروز آسیب استفاده از معیارهایی که بتواند بار درونی هر ورزشکار به صورت جداگانه گزارش کند، ضروری است.

با توجه به تمامی جهات محققین این مطالعه بر این باور هستند که معیار ACWR از نظر در دسترش بودن و آسانی در استفاده و همچنین پشتوانه علمی می تواند یکی از بهترین روشها برای پیشگیری از آسیب دیدگی علاوه بر مانیتورینگ بار تمرینی باشد هر چند هنوز اتفاق نظر بر استفاده از این شاخص برای پیش بینی وقوع آسیب ها وجود ندارد اما نتایج مطالعات اکثرا ACWR را به عنوان یک ریسک فاکتور بروز آسیب ها تایید می نمایند. با توجه با دانش محققین تا کنون با شرایط ذکر شده هیچ معیار دیگری وجود ندارد که بتواند این امکانات را به این سهولت برای مربیان و متخصصین حوزه ورزش فراهم آورد.

منابع

1. Meeuwisse WH, Tyreman H, Hagel B, Emery C. A Dynamic Model of Etiology in Sport Injury: The Recursive Nature of Risk and Causation. Clin J Sport Med 2007; 17(3): 215-219.
2. Meeuwisse WH. Assessing Causation in Sport Injury: A Multifactorial Model. Clin J Sport Med 1994; 4(3): 166-170.
3. McIntosh AS. Risk compensation, motivation, injuries, and biomechanics in competitive sport. Br J Sports Med 2005; 39(1): 2-3.
4. Banister EW, Calvert TW, Savage MV, Bach T. A systems model of training for athletic performance. Aust J Sport Med 1975; 7: 57-61.
5. Morton RH. Modelling training and overtraining. J Sports Sci 1997; 15(3): 335-340.
6. Schwellnus M, Soligard T, Alonso J-M, Bahr R, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br J Sports Med 2016; 50(17): 1043-1052.
7. Soligard T, Schwellnus M, Alonso J-M, Bahr R, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. Br J Sports Med. 2016; 50(17): 1030-1041.
8. Soligard T, Steffen K, Palmer D, Alonso JM, et al. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. Br J Sports Med. 2017; 51(17):1265-1271
9. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. Syst Rev 2021 ;10(1): 1-11.
10. Bowen L, Gross AS, Gimpel M, Bruce-Low S, Li FX. Spikes in acute:chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5-7 times greater injury rate in English Premier League football players: a comprehensive 3-year study. Br J Sports Med 2020; 54(12): 731-738.
11. West SW, Williams S, Cazzola D, Kemp S, et al.

Training Load and Injury Risk in Elite Rugby Union: The Largest Investigation to Date. Int J Sports Med 2021; 42(8): 731-739.

12. Patel TS, McGregor A, Williams K, Cumming SP, Williams S. The influence of growth and training loads on injury risk in competitive trampoline gymnasts. J Sports Sci 2021; 39(23): 2632-2641.

13. Myers NL, Aguilar KV, Mexicano G, Farnsworth JL, et al. The Acute:Chronic Workload Ratio Is Associated with Injury in Junior Tennis Players. Med Sci Sports Exerc 2020; 52(5): 1196-1200.

14. Gabbett TJ, Hulin B, Blanch P, Chapman P, Bailey D. To Couple or not to Couple? For Acute:Chronic Workload Ratios and Injury Risk, Does it Really Matter? Int J Sports Med 2019; 40(09): 597-600.

15. Jaspers A, Kuyvenhoven JP, Staes F, Frencken WGP, et al. Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. J Sci Med Sport 2018; 21(6): 579-585.

16. Malone S, Owen A, Mendes B, Hughes B, et al. High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? J Sci Med Sport 2018; 21(3): 257-262.

17. Fanchini M, Rampinini E, Riggio M, Coutts AJ, et al. Despite association, the acute:chronic work load ratio does not predict non-contact injury in elite footballers. Sci Med Footb 2018; 2(2): 108-114.

18. Caparrós T, Casals M, Solana Á, Peña J. Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games. J Sport Sci Med 2018; 17(2): 289-297.

19. Carey DL, Ong K-L, Whiteley R, Crossley KM, et al. Predictive modelling of training loads and injury in Australian football. Int J Comput Sci Sport 2018; 17(1): 49-66.

20. Delecroix B, McCall A, Dawson B, Berthoin S, Dupont G. Workload and non-contact injury incidence in elite football players competing in European leagues. Eur J Sport Sci 2018; 18(9): 1280-1287.

21. McCall A, Dupont G, Ekstrand J. Internal workload and non-contact injury: A one-season study of five teams from the UEFA Elite Club Injury Study. Br J Sports Med 2018; 52(23): 1517-1522

22. Murray NB, Gabbett TJ, Townshend AD, Hulin BT, McLellan CP. Individual and combined effects of acute and chronic running loads on injury risk in elite Australian footballers. Scand J Med Sci Sport 2017; 27(9): 990-998.

23. Malone S, Owen A, Newton M, Mendes B, et al. The acute:chonic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. J Sci Med Sport 2017; 20(6): 561-565.

24. Colby MJ, Dawson B, Peeling P, Heasman J, et al. Multivariate modelling of subjective and objective monitoring data improve the detection of non-contact injury risk in elite Australian footballers. J Sci Med Sport 2017; 20(12): 1068-1074.

25. Bartlett JD, O'Connor F, Pitchford N, Torres-Ronda L, Robertson SJ. Relationships Between Internal and External Training Load in Team-Sport Athletes: Evidence for an Individualized Approach. Int J Sports Physiol Perform 2017; 12(2): 230-234.

26. Weiss KJ, Allen SV, McGuigan MR, Whatman CS. The Relationship Between Training Load and Injury in Men's Professional Basketball. Int J Sports Physiol Perform 2017; 12(9): 1238-1242.

27. Murray NB, Gabbett TJ, Townshend AD, Blanch P. Calculating acute: Chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. British Journal of Sports Medicine. Br J Sports Med 2017;(51): 749-754.

28. Bowen L, Gross AS, Gimpel M, Li F-XX. Accumulated workloads and the acute: Chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. Br J Sports Med 2017; 51(5): 452-459.

29. Malone S, Roe M, Doran DA, Gabbett TJ, Collins KD. Protection against spikes in workload with aerobic fitness and playing experience: The role of the acute: Chronic workload ratio on injury risk in elite gaelic football. Int J Sports Physiol Perform 2017; 12(3): 393-401.

30. Cross MJ, Williams S, Trewartha G, Kemp SPT, Stokes KA. The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union. Int J Sports Physiol Perform 2016; 11(3): 350-355.

31. Veugelers KR, Young WB, Fahrner B, Harvey JT. Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football. J Sci Med Sport 2016; 19(1): 24-28.

32. Hulin BT, Gabbett TJ, Lawson DW, Caputi P, Sampson JA. The acute: Chronic workload ratio predicts injury: High chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. Br J Sports Med 2016; 50(4): 231-236.

33. Hulin BT, Gabbett TJ, Caputi P, Lawson DW, Sampson JA. Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players. Br J Sports Med 2016; 50(16): 1008-1012.

34. Murray NB, Gabbett TJ, Townshend AD. Relationship Between Preseason Training Load and In-Season Availability in Elite Australian Football Players. Int J Sports Physiol Perform 2017; 12(6):7 49-755.

35. Windt J, Gabbett TJ. How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model. Br J Sports Med 2017; 51(5): 428-435.

36. Seshadri DR, Li RT, Voos JE, Rowbottom JR, et al. Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete. npj Digit Med 2019; 2(1); 1-18.

37. Foster C, Rodriguez-Marroyo JA, De Koning JJ. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. Int J Sports Physiol Perform 2017; 12(s2): S2-2.

38. Borresen J, Ian Lambert M. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. Sport Med 2009; 39(9): 779-795.

39. Hulin BT, Gabbett TJ, Lawson DW, Caputi P, Sampson JA. The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. Br J Sports Med 2016; 50(4): 231-236.

40. Gabbett TJ. The Development and Application of an Injury Prediction Model for Noncontact, Soft-Tissue Injuries in Elite Collision Sport Athletes. J Strength Cond Res 2010; 24(10): 2593-2603.

41. Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? Br J Sports Med 2016; 50(5): 273-280.

42. Gabbett TJ. Performance Changes Following a Field Conditioning Program in Junior and Senior Rugby League Players. J Strength Cond Res 2006; 20(1): 215-221.

43. Rogalski B, Dawson B, Heasman J, Gabbett TJ. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. J Sci Med Sport 2013; 16(6): 499-503.

44. Gabbett TJ, Hulin BT, Blanch P, Whiteley R. High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. Br J Sports Med 2016; 50(8): 444-445.

45. Boullosa D, Casado A, Claudino JG, Jiménez-Reyes P, et al. Do you Play or Do you Train? Insights From Individual Sports for Training Load and Injury Risk Management in Team Sports Based on Individualization. Front Physiol 2020; 11.

46. Drew MK, Purdam C. Time to bin the term ‘overuse’ injury: is ‘training load error’ a more accurate term? Br J Sports Med 2016; 50(22): 1423-1424.

47. Collette R, Kellmann M, Ferrauti A, Meyer T, Pfeiffer M. Relation between training load and recovery-stress state in high-performance swimming. Front Physiol 2018; 9: 845.

48. Myers NL, Aguilar KV, Mexicano G, Farnsworth JL, et al. The Acute:Chronic Workload Ratio Is Associated with Injury in Junior Tennis Players. Med Sci Sports Exerc 2020; 52(5): 1196-1200.

49. Paul DJ, Bradley PS, Nassis GP. Factors Affecting Match Running Performance of Elite Soccer Players: Shedding Some Light on the Complexity. Int J Sports Physiol Perform 2015; 10(4): 516-519.

50. Boullosa DA, Abreu L. Dr. Boullosa's Forgotten Pieces Don't Fit the Puzzle: A Response to Dr. Buchheit and Dr. Laursen. Sport Med 2014; 44(11): 1625-1628.

51. Timpka T, Périard JD, Spreco A, Dahlström Ö, et al. Health complaints and heat stress prevention strategies during taper as predictors of peaked athletic performance at the 2015 World Athletics Championship in hot conditions. J Sci Med Sport 2020; 23(4): 336-341.

52. Kiely J. Periodization Paradigms in the 21st Century: Evidence-Led or Tradition-Driven? Int J Sports Physiol Perform 2012; 7(3): 242-250.

53. Mujika I, Halson S, Burke LM, Balagué G, Farrow D. An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports. Int J Sports Physiol Perform. 2018; 13(5): 538-561.

54. Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and External Training Load: 15 Years On. Int J Sports Physiol Perform 2019; 14(2): 270-273.

55. Boullosa D, Esteve-Lanao J, Casado A, Peyré-Tartaruga LA, et al. Factors Affecting Training and Physical Performance in Recreational Endurance Runner. Sports 2020; 8(3): 35.

56. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. Int J Sports Physiol Perform 2017; 12(s2): S2-161.

57. Brink MS, Nederhof E, Visscher C, Schmikli SL, Lemmink KAPM. Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. J Strength Cond Res 2010; 24(3): 597-603.

58. Halson SL. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. Sport Med 2014; 44: 139-147.

59. Buchheit M, Lacome M, Cholley Y, Simpson BM. Neuromuscular Responses to Conditioned Soccer Sessions Assessed via GPS-Embedded Accelerometers: Insights Into Tactical Periodization. Int J Sports Physiol Perform 2018; 13(5): 577-583.

60. Andrade R, Wik EH, Rebelo-Marques A, Blanch P, et al. Is the Acute: Chronic Workload Ratio (ACWR) Associated with Risk of Time-Loss Injury in Professional Team Sports? A Systematic Review of Methodology, Variables and Injury Risk in Practical Situations, Sports Medicine 2020; 50(9): 1613-1635.

61. Griffin A, Kenny IC, Comyns TM, Lyons M. The Association Between the Acute:Chronic Workload Ratio and Injury and its Application in Team Sports: A Systematic Review. Sport Med 2020; 50(3): 561-580.

62. Impellizzeri FM, Menaspà P, Coutts AJ, Kalkhoven J, Menaspà MJ. Training load and its role in injury prevention, Part I: Back to the future. J Athl Train 2020; 55(9): 885-892.

63. Impellizzeri FM, McCall A, Ward P, Bornn L, Coutts AJ. Training Load and Its Role in Injury Prevention, Part 2: Conceptual and Methodologic Pitfalls. J Athl Train 2020; 55(9): 893-901.