Journal of Military Medicine
2020, Volume 22, Special Issue of the National Conference on military Physical Fitness in Combat resilience
Pages: 52-62
10.30491/JMM.22.4.52

Effects of Circadian Rhythm on Physical and physiological Performance of Military forces- Narrative Review

Mohammad Faramarzi [1 *], Behzad Bazgir [2], Mostafa Rahimi [1], Hossein Shirvani [2]

[1] Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
[2] Exercise Physiology Research Center, Life Style Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

The 2017 Nobel Prize for medicine was awarded the biological clock Scientist, which shows the importance of this phenomenon in the life of living organisms. The circadian Rhythm (CR) through the created internal "clock" is responsible for regulating the daily performance of different organs of the body. The central body clock is the key factor to creating and maintaining this CR. External optical cues and non-optical environmental indications (Zeitgeber), including optical stimuli, eating time, environmental temperature and exercise, are able to influence and regulate the CR. During military activities, there is always an innate conflict between the body's internal clock and military working programs. There are also many reports about sleep disorders and malnutrition in military forces. The long-term desynchronization of physiological processes with CR may lead to impaired physical, physiological, metabolic, mental and cognitive functions of military personnel.

In addition to the impact of CR on physiological systems, the priority of the special time of day or night for activities is also another important factor to be considered. The preferential difference of activity time (known as 'chronotypes') is referred to in different physiological rhythm, including physical performance and response to sports activity. Better performance and muscular fatigue during exercise during the evening can be justified through higher central temperatures, catecholamine concentrations, lactate levels, and biological markers of muscle damage. However, considering the interaction between the time of day (TOD) and the impact of physical activity on the response of biochemical parameters, the CR of these parameters in the military force is not fully defined during physical activity. Designing suitable sport interventional strategies to improve short/long-term military health is a key issue in promoting metabolic health. Putatively, correct timing of exercise bouts might ameliorate some deleterious results of acute and chronic shift work.

Keywords: Circadian rhythms, Central clock, Physical performance, Military forces

*Corresponding author: **Mohammad Faramarzi**, Email: md.faramarzi@gmail.com

مجله طب نظامی
سال ۱۳۹۹، دوره ۲۲، ویژه نامه همایش ملی آمادگی جسمانی در توان رزم
صفحات: ۶۲-۵۲
10.30491/JMM.22.4.52

تاثیرات ریتم شبانه روزی بر عملکرد جسمانی و فیزیولوژیکی نیروهای نظامی- مروری روایتی

محمد فرامرزی[۱] *، بهزاد بازگیر[۲]، مصطفی رحیمی[۱]، حسین شیروانی[۲]

[۱] گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲] مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)، تهران، ایران

چکیده

جایزه نوبل پزشکی سال ۲۰۱۷ به دانشمندان کشف‌کننده ساعت بیولوژیکی اعطا شد که نشان‌دهنده اهمیت این پدیده در حیات موجودات زنده است. ریتم شبانه‌روزی (CR) از طریق ساعت‌های درونی ایجاد شده، مسئول تنظیم عملکرد روزانه اندام‌های مختلف بدن می‌باشد. ساعت مرکزی بدن عامل کلیدی ایجاد و حفظ این ریتم شبانه‌روزی است. نشانه‌های نوری خارجی و نشانه های محیطی غیر نوری که علائم تنظیم کننده زمانی (Zeitgeber) نامیده می‌شوند، از جمله محرک نوری، زمان غذاخوردن، دمای محیطی و فعالیت ورزشی قادر به تاثیرگذاری و تنظیم ریتم شبانه‌روزی هستند. در طی فعالیت‌های نظامی، همواره یک تعارض ذاتی بین ساعت درونی بدن و برنامه‌های کاری نظامی وجود دارد. گزارش‌های زیادی نیز در مورد اختلالات خواب و سوءتغذیه نیز در نیروهای نظامی وجود دارد. عدم تطابق بلندمدت فرایندهای فیزیولوژیکی با ریتم‌های شبانه‌روزی می‌تواند به اختلال در عملکرد جسمانی، فیزیولوژیکی، متابولیکی و ذهنی و شناختی پرسنل نظامی منجر شود.

علاوه بر تاثیر ریتم‌های شبانه‌روزی بر سیستم‌های فیزیولوژیک، اولویت داشتن زمان‌های خاص روز یا شب برای فعالیت نیز عامل مهم دیگری است که باید در نظر گرفته شود. تفاوت ترجیحی زمان فعالیت که (کرنوتایپ) نامیده می‌شود می‌تواند در ریتم‌های فیزیولوژیکی مختلف از جمله عملکرد جسمانی و پاسخ به فعالیت ورزشی تفاوت ایجاد کند. عملکرد بهتر و خستگی عضلانی در طی فعالیت ورزشی در عصر هنگام می‌تواند از طریق دمای مرکزی بالاتر، غلظت کاتکولامین‌ها، سطوح لاکتات و مارکرهای بیولوژیکی آسیب عضله توجیه شود. با این حال، با توجه به تعامل بین زمان انجام فعالیت در روز (TOD) و تاثیر فعالیت‌های جسمانی بر پاسخ پارامترهای بیوشیمیایی، ریتم شبانه‌روزی این پارامترها در نیروی نظامی هنگام فعالیت‌های جسمانی به طور کامل مشخص نمی‌باشد. طراحی استراتژی‌های مداخله‌ای ورزشی مناسب بهبود کوتاه/بلندمدت سلامت نیروهای نظامی موضوعی کلیدی در ارتقاء سلامت متابولیک آن‌هااست. زمان‌بندی مناسب فعالیت‌های ورزشی می‌تواند برخی نتایج زیان آور فعالیت‌های کاری شیفتی نظامی رااز بین ببرد.

کلیدواژه‌ها: ریتم شبانه روزی، ساعت مرکزی بدن، عملکرد جسمانی، نیروهای نظامی

*نویسنده مسئول: **محمد فرامرزی**. پست الکترونیک: md.faramarzi@gmail.com

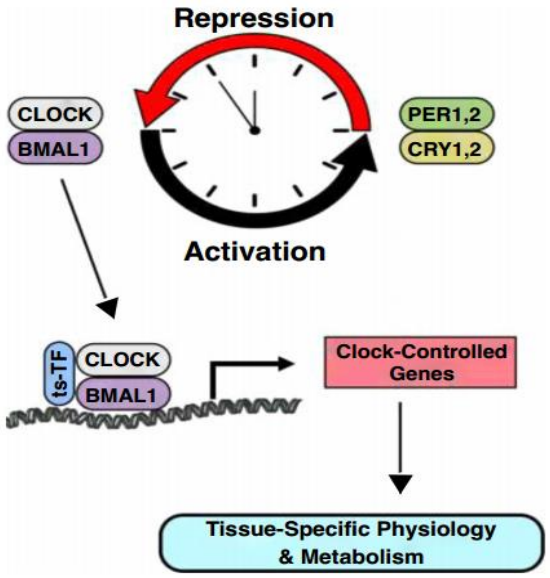
مقدمه

ریتم‌های شبانه‌روزی (Circadian rhythms) که توسط "ساعت (Clock)" شبانه‌روزی داخلی هدایت می‌شوند وظیفه تنظیم عملکرد روزانه همه اندام های اصلی بدن را بر عهده دارد (۱، ۲). این ریتم‌ها برای حفظ سلامتی انسان بسیار مهم هستند (۳). ساعت شبانه روزی را می توان به دو طبقه مجزا تقسیم بندی کرد: ساعت مرکزی و ساعت‌های محیطی (۲). ساعت مرکزی که در هسته‌های فوق کیاسمایی (Suprachiasmatic Nucleus : SCN) در هیپوتالاموس قرار دارد، به عنوان عامل اصلی ایجاد و حفظ ریتم‌های شبانه روزی در پستانداران عمل می کند. ایجاد یا تنظیم ریتم‌های شبانه‌روزی در انسان به طور مستقیم در نتیجه علائم محیطی نوری و غیر نوری تنظیم می‌شود. علائم نوری شامل محرک‌های نور هستند، درحالی که علائم غیر نوری شامل عوامل محیطی مانند زمان غذا خوردن، چرخه‌های خواب و بیداری، سطوح هورمونی و سطوح فعالیت می‌باشند (۳، ۴). افزون بر این، ساعت-های محیطی که تقریباً در همه بافت‌ها و اندام‌های بدن یافت می-شوند، نقش‌های مجزایی در تنظیم ریتم شبانه‌روزی با توجه به محل قرارگیری خود دارند (۲). درحالی که ساعت‌های محیطی و مرکزی می‌توانند به طور مستقل توسط محرک‌ها تنظیم شوند، محرک نوری که به طور عمده بر ساعت مرکزی تاثیر می‌گذارد، می‌تواند به تنظیم ریتم شبانه روزی در ساعت‌های محیطی منجر شود (۳، ۵).

در میان بافت‌های که توسط فعالیت ساعت بدن تنظیم می‌شوند، عضله اسکلتی یک اندام اصلی است که بر تکامل انسان و همچنین سالمندی و بیماری تاثیر می‌گذارد (۶). بنابراین، هماهنگی بین عضلات اسکلتی با اندام‌های دیگر و محیط از طریق علائم غیر نوری به طور مستقیم و نیز با علائم نوری به طور غیر مستقیم مهم است (۶). به همین ترتیب، فعالیت ورزشی نیز یک علامت غیر نوری قابل توجه برای تنظیم ساعت محیطی محسوب می‌شود (۷). در واقع، هنگامی که علائم نوری با علائم فعالیت ورزشی غیر نوری همراه باشند، تنظیم ریتم‌های شبانه روزی سریع تر از هنگامی است که فعالیت ورزشی وجود نداشته باشد (۳). افزایش دانش در زمینه ساعت شبانه‌روزی در انسان نشان داده است که فعالیت ورزشی، حداقل به واسطه‌ی تاثیر بر عضلات اسکلتی، تاثیر مهمی در تنظیم ریتم های شبانه‌روزی دارد (۸).

سازوکارهای ساعت شبانه‌روزی: همسان‌سازی عملکردهای فیزیولوژیکی و رفتاری روزانه در همه پستانداران به واسطه‌ی چرخه‌ی پیچیده ۲۴ ساعته روز/شب امکان‌پذیر است که توسط ساعت شبانه‌روزی آغاز و در هر دو ساعت‌های مرکزی و محیطی نشان داده شده است (۹). علائم محیطی نوری و غیر نوری بیرونی، که zeitgebers نیز نامیده می‌شوند، شامل محرک نوری، زمان غذا خوردن، درجه حرارت محیط و فعالیت ورزشی هستند و توانایی تاثیر و هماهنگ کردن ریتم‌های شبانه روزی را دارند. در حالی که شرایط روشنایی به طور گسترده در بسیاری از گونه ها مطالعه شده است، نشان داده شده است علائم غیر نوری مانند زمان غذا خوردن و زمان فعالیت ورزشی نیز بر ریتم‌های مولکولی و رفتاری تاثیر دارند.

در حال حاضر به خوبی مشخص شده است ساز و کار اصلی ریتم‌های شبانه‌روزی "ساعت مولکولی (Molecular clock)" است. شناسایی و تبیین این سازوکار به تازگی موفق به دریافت جایزه نوبل فیزیولوژی یا پزشکی در سال ۲۰۱۷ شده است. ساعت مولکولی یک حلقه بازخورد رونویسی – ترجمه خود پایدار (TTFL: Self-sustaining Transcriptional–Translational Feedback Loop) است که تقریباً در همه سلول‌های بدن وجود دارد و برنامه روزانه ترجمه ژن‌ها را هدایت می‌کند و بررسی عمیق‌تر ساعت مولکولی را می‌توان در این زمینه جستجو کرد (۱۰). ژن‌های اصلی که ساعت مولکولی را تشکیل می‌دهند در همه سلول‌ها وجود دارند و شامل عوامل مثبت یعنی Clock و Bmal1 می‌باشند که باعث القاء بیان ژن‌های Period1 (Per1)، Per2 و Cryptochrome (Cry1) و Cry2 می شوند. ژن‌های PERs و CRYs بخشی از عوامل منفی هستند و باعث سرکوب فعالیت ترجمه Clock و Bmal1 و بسته شدن حلقه تقریباً ۲۴ ساعته می‌شوند (۱۱). تصویر ساده‌ای از ساعت مولکولی در شکل-۱ ارائه شده است.

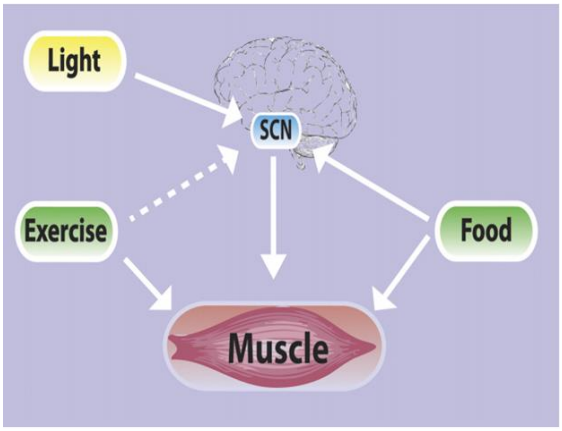


شکل-۱. این شکل مفهومی ارتباط بین ساعت مولکولی و بیان ژن کنترل‌کننده ساعت ویژه بافت را نشان می دهد. Bmal1 و Clock رونویسی ژن‌های کنترل کننده ساعت شامل Periods و Cryptochromes را هدایت می‌کنند، که این ژن‌ها به نوبه خود از هترودایمر تشکیل شده‌اند تا فعالیت BMAL1 و CLOCK را سرکوب و ریتم ۲۴ ساعت بیان ژن را حفظ کنند. هماهنگ با عوامل رونویسی ویژه بافت (ts-TF)، BMAL1 و CLOCK رونویسی ژن‌های کنترل‌کننده ساعت را هدایت می‌کنند. این بیان ژن نوسان‌دار از ساعت مولکولی یک برنامه روزانه رونویسی را کنترل می‌کند که بر فیزیولوژی سلولی و سوخت و ساز اثر می‌گذارد (۱۱).

LOCK رونویسی ژن‌های کنترل‌کننده ساعت را هدایت می‌کنند. این بیان ژن نوسان‌دار از ساعت مولکولی یک برنامه روزانه رونویسی را کنترل می‌کند که بر فیزیولوژی سلولی و سوخت و ساز اثر می‌گذارد (۱۱).

ساعت ملکولی علاوه بر عملکرد حفظ زمان، برنامه رونویسی روزانه را تنظیم می‌کند. برآورد شده است که BMAL1 و CLOCK به طور مستقیم بیان بیش از ۴۰۰۰ ژن را تعدیل می‌کنند و اصطلاحاً به این ژن‌ها، ژن‌های کنترل کننده ساعت (clock-controlled genes :CCGs) می‌گویند (۱۲). بنابراین، تشکیلات ساعت مولکولی مرکزی به واسطه برنامه CCG ویژه بافت نقش مهمی در حفظ سلول و سلامت بافت دارند. با وجود این، مرحله‌ی سازوکار ساعت به علائم محیطی حساس است و می‌تواند در پاسخ به زمان بندی علائم تغییر نماید. شناخته شده ترین علامت زمانی محیطی نور است. قرار گرفتن در معرض نور در مرحله تاریکی، باعث تغییر مرحله سازوکار ساعت سلولی در هسته فوق کیاسمایی (SCN) در مغز می‌شود (۱۳). پیش از این، تصور می‌شد مراحل مربوط به ساعت‌های مولکولی در تمام بافت‌های محیطی از طریق عوامل عصبی- هورمونی تحت کنترل مستقیم SCN قرار دارند. با این حال، مطالعات ۱۰ سال گذشته نشان داده‌اند زمان غذا خوردن و زمان انجام فعالیت بدنی و ورزش علائم زمانی واقعی هستند که می‌توانند در بسیاری از بافت‌های محیطی مرحله‌ی سازوکار ساعت را تعدیل کنند و این تغییرات مستقل از هرگونه تغییر مرحله در ساعت مرکزی رخ می دهد (۱۱،۱۴). ریتم شبانه‌روزی یک سازوکار ساعت مولکولی است که در بیشتر انواع سلول‌های از جمله عضلات اسکلتی وجود دارد. به نظر می‌رسد در سطح سلولی وجود ساعت مولکولی به عنوان یک سازوکار حفظ زمان بندی ضروری است تا سلول را برای تغییرات روزانه در شرایط محیطی آماده کند (۱۵).

اگرچه مطالعات نشان داده‌اند سازوکار ساعت مولکولی برای هر سلول ذاتی است و می تواند در هر سلول رفتار مستقل داشته باشد، ویژگی مهم این است که مرحله ساعت مولکولی می‌تواند توسط علائم محیطی تنظیم و یا تنظیم مجدد شود. امکان تنظیم مجدد ساعت شبانه روزی، عملکردی مهم برای سازگاری با تغییرات محیطی است. زمان بندی و مرحله‌ی ساعت مرکزی اساساً توسط علائم نور تغییر می‌کنند (۱۵). مطالعات جدید نشان داده‌اند ساعت مولکولی در بسیاری از بافت‌های محیطی از جمله عضله اسکلتی با محدود کردن زمان تغذیه می‌تواند از ریتم SCN جدا شود (۱۶). علاوه بر این، Zambon و همکاران (۱۷) گزارش کرده‌اند بین زمان روز و انقباض عضلانی بر بیان ژن‌های ساعت در عضلات انسان تعامل وجود دارد. از این رو، پیشنهاد شده است که فعالیت انقباضی ممکن است علامت محیطی (zeitgeber) برای سازوکار ساعت مولکولی در عضلات اسکلتی باشد. در آن مطالعه، برای تعیین آثار تمرین مقاومتی بر بیان ژن‌ها در عضله چهارسر، آنالیز بیان ژن در ۶ و ۱۸ ساعت پس از یک جلسه تمرین استفاده شده بود. همچنین، بیان ژن در پای تمرین نکرده در مرحله زمانی مشابه برای مقایسه انجام شده بود. نتایج این مطالعه نشان داد غذا خوردن و به طور بالقوه فعالیت انقباضی می‌تواند به عنوان علائم غالب برای تنظیم ساعت‌های بافت‌های محیطی عمل کنند (شکل-۲) (۱۵). همچنین آنها نشان دادند ریتم‌های شبانه‌روزی در بافت‌های محیطی می‌توانند از طریق علائم محیطی غیر نوری از SCN جدا باشند (۱۵).



شکل-۲. ساعت‌های مرکزی و محیطی می‌توانند به هر دو علائم نوری (نور) و غیر نوری (غذا خوردن و فعالیت ورزشی) پاسخ دهند. این نمودار طرح کلی تعامل بین علائم مختلف و ساعت‌های مرکزی و محیطی را نشان می‌دهد. پیشنهاد شده است که ساعت‌های مرکزی و محیطی ممکن است بسته به علائم موجود پاسخ‌های متفاوتی داشته باشند (۱۵)

ریتم‌های شبانه‌روزی و عملکرد ورزشی: نوسان‌های ریتمیک فرآیندهای بیولوژیکی بسیاری از عادت‌ها و اعمال ما را مدیریت می‌کنند و همچنین بر فعالیت‌هایی که در طول روز انجام می‌دهیم تأثیر می‌گذارند. مشخص شده است بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد ورزشکاران از ریتم‌های شبانه‌روزی خاصی تبعیت می‌کنند (۱۸). همچنین نشان داده شده است که عملکردهایی مثل سطوح استراحتی حس‌گرها، عملکرد ادراکی و شناختی و چندین متغییر عصبی- عضلانی، رفتاری، قلبی- عروقی و سوخت و سازی همزمان با اوج ریتم دمای بدن در اوایل عصر اتفاق می‌افتند (۱۹).

جدای از تغییرات روزانه در سیستم‌های فیزیولوژیکی، ترجیح دادن انجام فعالیت در زمان روز یا شب یکی دیگر از عوامل مهم روانی است که هنگام مطالعه ریتم شبانه‌روزی در عملکرد ورزشی باید مورد توجه قرار گیرد. چنین مفهومی مدت‌هاست که توسط Kleitman (۱۹۴۹) شناخته شده است، بدین صورت که برخی افراد ترجیح می‌دهند هنگام روز در حالی که برخی دیگر ترجیح می‌دهند هنگام شب فعالیت نمایند (۱۸). نشان داده شده است تفاوت بین افراد در برتری‌های زمانی (که به طور معمول به عنوان "کرونوتایپ ها" شناخته می‌شود) به دلیل تفاوت در ریتم‌های فیزیولوژیکی مختلف از جمله الگوهای خواب و بیداری، ریتم‌های

زیستی (biorhythms) (به عنوان نمونه دمای مرکزی و هورمون‌ها)، احساس بی حالی و کرختی بعد از خواب (sleep inertia)، ریتم‌های دریافت غذا و اکسیژن مصرفی بیشینه هنگام ورزش متفاوت است (۱۷، ۲۰). با توجه به طیف گسترده‌ای از افراد که ترجیح می‌دهند صبح و یا عصر فعال باشند، اعتقاد بر این است که این ویژگی نشان دهنده توانایی یا عدم توانایی در واکنش به سیستم‌های مختلف شبانه‌روزی است. علاوه بر این، Youngstedt و O'Connor (۱۹۹۹) هفت متغیر دیگر را شناسایی کردند که ممکن است در عملکرد ضعیف در صبح نقش داشته باشند و به توجیه ریتم شبانه‌روزی در عملکرد ورزشی کمک کنند. این عوامل شامل تفاوت در وضعیت تغذیه‌ای از صبح تا عصر، انعطاف‌پذیری کم در صبح، زمان ناکافی برای بازیابی از حالت سستی و کرختی بعد از خواب، زمان ترجیحی تمرین، تفاوت در مقدار استراحت بین جلسات، تفاوت فردی در پاسخ‌های فیزیولوژیکی و تفاوت‌ها در انگیزه و تاثیر مورد انتظار است (۲۱).

زمان روز و پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به فعالیت جسمانی: نشان داده شده است بسیاری از عملکردهای کنترل شده بیولوژیکی وابسته به زمان روز (TOD time-of-day) هستند و ریتم‌های شبانه‌روزی فیزیولوژیکی در افراد سالم در وضعیت استراحت به خوبی مشخص شده است (۲۲). در واقع، به خوبی نشان داده شده است در افراد بزرگسال فعال و سالم، شاخص‌های فشار اکسایشی و وضعیت آنتی اکسیدانی وابسته به زمان روز هستند، به طوری که سیستم آنتی اکسیدانی در اوایل صبح کارآمدتر است درحالی که میزان پراکسیداسیون لیپیدی در اوایل عصر بیشتر است (۲۲، ۲۳). به طور مشابه، نشان داده شده است در افراد سالم بی تحرک، سطوح استراحتی شاخص‌های بیوشیمیایی آسیب عضلانی و خستگی مثل کراتین کیناز (CK)، لاکتات دهیدروژناز (LDH)، آلانین آمینوترانسفراز (ALAT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (ASAT)، گاما-گلوتامیل ترانس پپتیداز (g-GT)، آلکالین فسفاتاز (PAL) و لاکتات خون (Lac) وابسته به زمان روز هستند و مقدار آنها به طور معنی‌داری در اوایل عصر نسبت به صبح بالاتر است (به طور نمونه، حداکثر مقدار این شاخص‌ها در ساعت ۱۷ مشاهده شده است) (۲۴، ۲۵). همچنین مشاهده شده است در افراد بی-تحرک سالم، مقادیر استراحتی گلبول سفید خون (WBC) و زیر مجموعه‌های آن (مونوسیت‌ها (MO)، نوتروفیل‌ها (NE)، لنفوسیت‌ها (LY)) به طور معنی‌داری در زمان عصر نسبت به صبح بالاتر است (۲۲). علاوه بر این، مقدار استراحتی سطوح اوره (URE)، کراتینین (CR)، گلوکز (GLC)، کلسترول تام (TC)، تری‌گلیسرید (TG)، و لیپوپروتئین پرچگال (HDL) در زمان بعد از ظهر نسبت به زمان صبح بالاتر بود (۲۲، ۲۴).

بنابراین، داشتن ریتم شبانه‌روزی متغیرهای فیزیولوژیکی که در بالا به آنها اشاره شد، در افراد سالم بالغ در وضعیت استراحت به خوبی مشخص شده است. با این حال، علی‌رغم تعامل بین هر دوی تاثیر زمان روز و فعالیت جسمانی بر پاسخ این شاخص‌های بیوشیمیایی، ریتم شبانه‌روزی این شاخص‌ها در نیروهای نظامی در هنگام فعالیت ورزشی هنوز شناخته نشده است. وجود تفاوت‌ها در افزایش میزان عوامل بیوشیمیایی هنگام انجام فعالیت‌های جسمانی ممکن است تفاوت‌های روزانه مشاهده شده در وضعیت استراحتی (پس از فعالیت ورزشی) را تغییر دهد. از این رو، نشان داده شده است تغییرات روزانه این شاخص‌های بیوشیمیایی می‌تواند تا حدودی نوسان روزانه معمولی عملکرد بدنی را توجیه کند.

تاثیر زمان روز بر دمای مرکزی بدن، عملکرد جسمانی و خستگی: Souissi و همکاران (۲۷) نشان دادند که دمای بدن از ریتم شبانه‌روزی تبعیت می‌کند به طوری که در ساعت ۱۸ دمای بدن به اوج خود می‌رسد، در ساعت ۶ صبح کمترین مقدار و دامنهٔ نوسان آن در حدود ۰/۸۸ درجه سانتی‌گراد است. افزایش دمای بدن هنگام روز بر گرم شدن غیر فعال عضله، افزایش سرعت هدایت عصبی و افزایش دامنه‌ی حرکتی و کاهش ویژگی چسبندگی عضله تاثیر دارد (۲۸) و ممکن است باعث بهبود کارآیی سیستم عصبی عضلانی شود. برخی از مطالعات نشان داده اند احتمال یک ارتباط علت و معلولی بین تغییرات دمای مرکزی بدن و نوسانات روزانه در عملکرد عضلانی وجود دارد (۲۸، ۲۹). به همین ترتیب، مطالعات اخیر بین نوسان‌های روزانه پاسخ‌های بیوشیمیایی به فعالیت ورزشی و دمای مرکزی بدن همبستگی معنی‌داری گزارش کرده‌اند (۲۲). مشخص شده است افزایش دمای بدن هنگام فعالیت ورزشی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند فسفوفروکتوکیناز و لاکتات دهیدروژناز می‌شود و این افزایش‌ها خود باعث افزایش گلوکز خون و تولید لاکتات خون می‌شوند.

در واقع، به خوبی نشان داده شده است عملکرد بیشینه کوتاه مدت در بعد از ظهر بهتر از صبح است (۲۲). در این زمینه، Racinais و همکاران (۳۰) گزارش کرده‌اند توان عضلانی در اجرای ۵ تکرار فعالیت ۶ ثانیه‌ای با سرعت بیشینه با ۲۴ ثانیه استراحت غیرفعال بین تکرارها در بعد از ظهر بالاتر از صبح بود. افزون بر این، Hammouda و همکاران (۳۱) نشان دادند توان اوج (Peak power PP) هنگام دو تکرار اول، کل کار انجام شده و کاهش توان هنگام اجرای آزمون توانایی سرعت تکراری (Repeated Sprint Ability : RSA)، به طور معنی‌داری در ساعت ۱۷ بالاتر از ساعت ۷ بودند، در حالی که توان اوج هنگام اجرای ۳ تکرار آخر تحت تاثیر زمان روز نیست. این نوسان های روزانه هنگام تلاش بیشینه در دوچرخه‌سواری کوتاه مدت (به طور نمونه در آزمون وینگیت) مشاهده شد. در فعالیت‌های ورزشی در مسافت طولانی، کل مسافت طی شده هنگام اجرای آزمون یو- یو (Yo-Yo Test) از زمان صبح تا بعد از ظهر به طور معنی داری بهبود پیدا کرد و این وضعیت نشان دهنده این است که احتمال دارد آزمودنی‌ها در زمان عصر مقدار اکسیژن مصرفی بیشینه بالاتری داشته باشند (۳۲).

هنگام آزمون توانایی سرعت های تکراری، میزان درک فشار (RPE: rating of perceived exertion) در ساعت ۱۷ نسبت به ساعت ۷ به طور معنی داری بالاتر بود (۳۱). علاوه بر این، Racinais و همکاران (۳۰) گزارش کردند خستگی عضلانی، که از طریق کاهش برون ده توان هنگام آزمون توانایی سرعت‌های تکراری نشان داده شد ، در بعدازظهر بیشتر از صبح بود. نتایج مشابهی هنگام اجرای ۵۰ تکرار انقباض ارادی بیشینه مفصل زانو مشاهده شد. این یافته‌ها نشان می دهند خستگی پذیری ورزشکاران در بعد از ظهر بیشتر است و تغییرات روزانه توان و خستگی عضلانی را تایید می‌کنند (۳۱).

عملکرد بالاتر و خستگی عضلانی مشاهده شده هنگام فعالیت ورزشی در عصر را می توان این‌گونه توجیه کرد: الف) دمای بالاتر، غلظت‌های کاتکولامین‌ها، سطوح لکوسیت، کراتینین، هموسیستئین، لاکتات خون و شاخص‌های بیولوژیکی آسیب عضلانی، ب) تغییر در جابه جایی یونی و ج) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پایین تر در این زمان از روز (۲۲). نتایج بالا تایید می‌کنند سطح لاکتات خون یکی از سازوکارهای اساسی است که منشاء نوسانات عملکرد و خستگی است. به همین ترتیب، نشان داده شده است افزایش غلظت لاکتات خون پس از فعالیت ورزشی در عصر ممکن است دلیل تغییر شکل پذیری و سفتی گلبول قرمز خون را توجیه کند و به نظر می رسد ورزشکاران هنگام انجام فعالیت ورزشی در این زمان از روز بیشتر در معرض التهاب و آسیب رادیکال های آزاد قرار بگیرند (۲۲).

جدول-۱. خلاصه‌ای از برخی یافته‌ها در تاثیر ریتم شبانه‌روزی بر عملکرد ورزشی (۲۶)

مطالعه	ورزش	آزمودنی‌ها، جنس	مهارت‌ها	نتایج
Rahnama et al. (2009)	فوتبال	۱۲ نفر، مرد	انعطاف‌پذیری، مهارت فوتبال	مقادیر در زمان عصر بهتر از صبح بودند.
Reilly et al. (2007)	فوتبال	۸ + ۸ نفر، مرد	انعطاف‌پذیری، زمان عکس‌العمل، قدرت گرفتن، مهارت‌های ویژه فوتبال	مقادیر اوج بین ساعت ۱۶ تا ۲۰ اتفاق افتاد، تغییرات زمان روز موازی با ریتم دما بود.
Gharbi et al. (2013)	فوتبال	۱۵نفر، مرد	چابکی، دریبل کردن و هماهنگی	مقدار بالاتر در ساعت ۱۷؛ عدم وجود تاثیر زمان روز در هماهنگی و مهارت مشاهده شد.
Chtourou et al. (2013)	فوتبال	۲۰ نفر، مرد	پرش ارتفاع (SJ, CMJ)	مقادیر کمتر در زمان صبح در پرش ارتفاع
Atkinson et al. (2005)	دوچرخه سواری	۸ نفر، مرد	برون ده توان	عملکرد دوچرخه سواری ۱۶/۱ کیلومتر در زمان صبح بدتر از بعدازظهر بود، حتی وقتی که آنها یک گرم کردن ۲۵ دقیقه‌ای شدید انجام دادند.
Souissi et al. (2012)	دوچرخه سواری	۲۲ نفر، مرد	آزمون وینگیت (توان عضلانی)، میانگین فرکانس توان (MPF)، کارآمدی عصبی عضلانی (NME)	شاخص‌های MPF و NME در هنگام آزمون دوچرخه وینگیت در زمان عصر بالاتر بودند و بهبود توان عضلانی و خستگی در زمان عصر به دلیل افزایش ویژگی‌های انقباض عضلانی است.
Rai & Tiwari, (2015)	والیبال	۳۰ نفر، مرد	چابکی، قدرت انفجاری، سرعت	تغییرات روزانه تاثیری بر عملکرد بازیکنان والیبال در اجزاء آمادگی حرکتی نداشت.
Souissi et al. (2013)	جودو	۱۲ نفر، مرد	آزمون وینگیت	توان و قدرت عضلانی به طور معنی‌داری در ساعت ۱۶ بالاتر از ساعت ۹ بودند.
Jarraya et al. (2014)	دروازه بان هندبال	۱۲ نفر، مرد	زمان عکس العمل وظایف شناختی	زمان عکس العمل به طور معنی‌داری در زمان عصر بالاتر بود. عملکردهای شناختی دروازه بان وابسته به زمان روز هستند و بالاترین مقادیر در زمان صبح مشاهده شد.

ریتم های شبانه‌روزی و ارتقای عملکرد ورزشی و جسمانی در عملیات نظامی: به طور کلی مطالعات بسیار کمی در حیطه ریتم‌های بیولوژیکی و عملکرد جسمانی و فیزیولوژیکی افراد نظامی انجام شده است. همچنین کنترل عواملی که بر عملکرد جسمانی اثر گذار هستند مشکل و در برخی موارد ناممکن است. عوامل محیطی چه مثبت و چه منفی، جزء جدایی ناپذیر سازمان‌های نظامی بوده و بیشتر اوقات به عنوان جنبه‌های غیرقابل کنترل در نظر گرفته می‌شوند. با این حال، مکانیسم‌های درون زاد می‌تواند با تمرینات ورزشی دستکاری شود و اطلاع از فرایندهای کنترلی ریتم شبانه‌روزی می‌تواند در دستیابی به سازگاری های مثبت ورزشی مفید باشد (۱۸). چنانچه پیش تر اشاره شد، یافته‌های مشترک آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی چرخه‌های شبانه‌روزی، عملکرد سطح پائین در صبح و اوج عملکرد در عصر را نشان می‌دهند (جهت اطلاع بیشتر به جدول-۱ رجوع شود). به طور سنتی، دمای مرکزی بدن به عنوان شاخص اولیه ارزیابی چرخه‌های شبانه‌روزی در فرایندهای بیولوژیکی و عملکرد جسمانی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱، ۲۲).

در یک مطالعه مروری، Teo و همکاران (۱۸) تحقیقاتی که تاثیر چرخه‌های شبانه‌روزی بر عملکرد بدنی را بررسی کرده بودند را خلاصه کردند. پس از تحلیل مطالعات مختلف در مورد عملکرد هوازی، آنها دریافتند قابلیت عملکرد جسمانی و اکسیژن مصرفی بیشینه (VO2max) در اواخر روز افزایش می یابد. افزایش عملکرد جسمانی با دمای مرکزی بدن همبستگی بالایی دارد، که این دمای مرکزی بدن در ساعات انتهایی روز به وضوح بالاتر است. اگر چه افزایش همبستگی بین عملکرد جسمانی و افزایش دمای مرکزی بدن وجود دارد، برخی مطالعات نشان می‌دهند افزایش هدایت عصبی و هماهنگی بهتر بین انقباض عضلات موافق – مخالف نیز در این خصوص اثر گذار هستند (۱۸). تمرین در ساعت‌های معینی از روز می‌تواند بهبود عملکرد در آن ساعت‌های معین را به دنبال داشته باشد، با این وجود، عملکرد بهتر در ساعات انتهایی روز گزارش شده است. در مورد چابکی و هماهنگی عصبی عضلانی، نتایج مطالعات زیادی در ورزش‌های راکتی افزایش در شتاب لحظه سرویس زدن و گرفتن راکت را گزارش کرده اند، بااین حال، دقت در سرویس زدن با تغییر ساعت در روز ارتباطی نداشت (۳۳). مهارت‌های ویژه فوتبال متاثر از تفاوت در ساعت اجرا در روز بود، بدین صورت که افزایش در قابلیت دریبل زدن و دقت شوت در ساعات انتهایی روز دیده شده است (۳۴).

در مورد تفاوت عملکرد جسمانی در ساعات متفاوت روز توجیهاتی وجود دارد. افزایش دمای بدن می‌تواند دسترسی به منابع سوخت کربوهیدرات را نسبت به چربی بیشتر کند و مکانیک پلهای عرضی آکتین–میوزین در واحدهای عضلانی اسکلتی را تسهیل کند (۳۵). به همین دلیل، تصور می‌شود اوج عملکرد در ساعات ابتدایی عصر رخ می‌دهد که همزمان با بالاترین دمای ممکن بدن است (۱۹). برای نشان دادن تاثیر افزایش دمای مرکزی بدن بر عملکرد ورزشی، Taylor و همکاران دریافتند با افزایش زمان گرم کردن در جلسات آزمون صبح، افت توان و کاهش تولید نیرو در حرکت پرش عمودی کمتر می‌شود (۳۶). اضافه نمودن گرم کردن پویا به مدت ۲۰ دقیقه به یک برنامه گرم کردن کنترل شده، ورزشکاران می‌توانند نسبت به جلسات تمرین در بعدازظهر دمای مرکزی بدن را به میزان نسبتاً بیشتری افزایش دهند. به همین دلیل مشخص شده است افزایش دمای بدن می‌تواند عامل افزایش برون ده توان انفجاری و دیگر متغیرهای پرش ایستاده باشد. اگرچه نتایج ذکر شده در بالا با عملکرد جسمانی در محیط‌های ورزشی ارتباط دارند، با این وجود، به دلیل تشابه بین نیازهای جسمانی تکالیف نظامی، می‌توانیم از این داده‌ها برای انتخاب زمان مناسب آزمون‌های جسمانی یا اجرای انواع ویژه تمرینات در محیط‌های نظامی استفاده شود.

برنامه نظامی در قیاس با ساعت زیستی: هنگام عملیات نظامی، بین ساعت درونی بدن و برنامه عملیاتی تناقضی ذاتی وجود دارد. در عملیات نظامی نیاز است تا نیروهای نظامی برنامه روزانه خود را برای اجرای فعالیت مستمر در شب و بی تحرکی در روز تطبیق دهند. به دلیل مشکلات لجستیکی (پشتیبانی)، ممکن است مواد غذایی طبق برنامه به آنها تحویل داده نشود. کم آبی می‌تواند نگرانی همیشگی باشد. سوابق نظامی نشان می‌دهد نیروهای نظامی از هر دو مورد اختلال در خواب و تغذیه ضعیف، رنج می‌برند، بویژه هنگامی که در قلمرو دشمن و با نیروهای دشمن برای دوره زمانی طولانی نبرد می‌کنند (۳۷).

همراستا با برنامه نظامی ساعت درونی در بدن وجود دارد که فرایندهای فیزیولوژیک مانند خواب، خوردن، ترشح هورمون‌ها و فعالیت حرکتی بدن را کنترل می‌کند. هماهنگ نبودن بلندمدت این فرایندهای فیزیولوژیک می‌تواند به اختلال عملکرد فیزیولوژیکی و ذهنی نیروهای نظامی هنگام عملیات منجر شود. خواب فرایند فیزیولوژیکی است که به راحتی با عملیات نظامی دچار اختلال می-شود (۳۸). همیشه بین نیازهای عملیات نظامی و ساعت‌های زیستی بدن که اعمال فیزیولوژیک نیروهای نظامی را کنترل می‌کنند، تناقضی آشکار وجود دارد. بطور کلی، بدن انسان این قابلیت را دارد که با ارائه پاسخ‌های رفتاری و فیزیولوژیک مناسب این چالش‌ها را مدیریت کند. نتایج مطالعات تحقیقات آزمایشگاهی نیز امکان پذیری این سازگاری‌ها را تائید می‌کنند.

تاثیر بی خوابی بر عملکرد جسمانی نظامیان: ضرورت شغل نظامی‌گری از یک سری نیازمندی‌های ویژه فیزیولوژیکی و روانشناختی تشکیل شده است که به طور عمده با دستیابی به اهداف ماموریت‌ها و پرهیز از عادات ارتباط دارند (۳۹). بیشتر اهداف نظامی نیازمند مجموعه‌ای از عملکرد بدنی سطح بالا و تاب‌آوری، قدرت عضلانی و توان و ظرفیت هوازی برای برآورده کردن انتظارات شغل می‌باشند (۴۰). به عنوان نمونه، قدرت عضلانی و توان بی‌هوازی برای عملکردهای روزانه روتین مانند حمل اجسام سنگین، جابجایی سریع با بار و یا حمل مصدوم مورد نیاز هستند (۴۱). بیشتر تکالیف نظامی نیازمند اجرای کارهای تکراری برای مدت طولانی مانند نگهداری تجهیزات، اجرای مانورهای و تمرینات رزمی در شرایط محدودیت خواب یا بی‌خوابی هستند (۴۱). با این حال، شاخص‌های متنوعی برای عملکرد عملیات نظامی مانند قدرت عضلانی، توان و ظرفیت هوازی حیاتی در نظر گرفته شده است که متاثر از بی‌خوابی هستند (۴۲).

به تازگی، Grandou و همکاران در مطالعه مروری یافته‌های تاثیر خواب ناکافی بر ظرفیت هوازی، توان بی هوازی و قدرت و استقامت عضلانی را در نیروهای نظامی بررسی نموده‌اند (۴۳). این محققین دریافتند محدودیت خواب می‌تواند تاثیر منفی بر ظرفیت هوازی، ظرفیت بی‌هوازی بالاتنه، استقامت عضلانی و اجرای وظایف نظامی داشته باشد. عوامل مداخله‌گر دیگری مانند انگیزش و تغذیه می‌توانند اثرات منفی کم‌خوابی بر جنبه‌های جسمانی (مانند قدرت پائین تنه، ظرفیت هوازی) را از بین ببرند. به دلیل اینکه ارتباط دقیق بین کم‌خوابی و عملکرد جسمانی در بین نیروهای

نظامی به طور کامل روشن نشده است، هنوز نمی‌توان توصیه‌های کاربردی لازم در این زمینه ارائه کرد (۴۳).

ظرفیت های درمانی زمان انجام فعالیت ورزشی: چهار حیطه اساسی سلامتی انسان شامل سلامتی سوخت و سازی، خطر سرطان، سلامتی قلب و عروق و سلامت روانی هستند که مشخص شده است اختلال در ریتم شبانه روزی از طریق اختلال در خواب، عدم تعادل در سیستم سمپاتیک و پاراسمپاتیک، عدم تعادل هورمونی، التهاب، اختلال در سوخت و ساز گلوکز و برهم زدن چرخه‌های سلولی بر این چهار حیطه سلامتی تاثیر می گذارد. این شرایط باعث اختلالات بالینی شامل چاقی، سندروم متابولیکی، دیابت نوع دو، مشکلات سیستم گوارش، اختلال عملکرد ایمنی، بیماری‌های قلبی عروقی، خواب آلودگی افراطی، اختلالات خلق خو و اجتماعی و افزایش خطر سرطان می‌شود (۴۴).

همچنین، شواهد اپیدمیولوژیک بین دیابت و چاقی با کم‌خوابی ارتباط نشان داده‌اند، اگرچه فرایندهای اثر گذار هنوز به طور کامل روشن نشده است (۴۵). افزون بر این، چاقی یا دیابت نوع ۲ می‌تواند بطور مستقیم دستگاه ساعت مرکزی بدن را دچار اختلال کند (۴۶). از آنجا که فعالیت ورزشی به عنوان تنظیم کننده ژن‌های ساعت بدن در عضلات و دیگر بافت‌ها شناخته شده است، می‌توان پیشنهاد کرد زمان مناسب و منظم فعالیت ورزشی می‌تواند در تنظیم مجدد و روزانه ساعت بدن و شرایط پاتولوژیک اختلال ریتم‌های شبانه-روزی را بهبود بخشد. بهبود این اختلالات روزانه‌ی ریتم‌ها می‌تواند در برطرف نمودن عواقب منفی متابولیک کمک کننده باشد (۴۵).

فعالیت ورزشی و کیفیت خواب: مطالعات انجام شده در زمینه خواب حاکی از ارتباط مثبت بین متغیر فعالیت‌بدنی با کیفیت خواب دارند (۴۷). مکانیسم‌های مختلفی از جمله تنظیم بازخورد منفی دمای بدن پس از ورزش در این خصوص اثر گذار هستند. علاوه بر این، اختلالات متابولیکی ناشی از فعالیت ورزشی می تواند سیستم ناقل‌های عصبی را تنظیم کند. به عنوان نمونه، فعالیت‌های ورزشی تناوبی شدید غلظت پلاسمایی مولکول تقویت کننده خواب آدنوزین را در رت‌ها افزایش داده است (۴۵). در انسان، نشان داده شده است که اجرای فعالیت ورزشی تک جلسه‌ای قبل از ساعات انتهایی عصر (قبل از ساعت ۲۲) کیفیت خواب را بهبود می بخشد (۴۸). با این وجود، فعالیت ورزشی که در فاصله کوتاهی قبل از رفتن به رختخواب انجام شده، منجر به پاسخ استرسی و افت بهبودهای ناشی از ورزش در کیفیت خواب و حتی اثر منفی بر جای گذاشته است. به نظر می رسد عادت به فعالیت ورزشی منظم، حتی در نبود فعالیت ورزشی حاد، عامل بهبود دهنده کیفیت خواب در نظر گرفته شده‌اند. علاوه بر اثرات فیزیولوژیک فعالیت ورزشی بر خواب، قرارگیری در معرض نور خورشید در روز می‌تواند به عنوان تقویت کننده خواب باشد (۴۹). در واقع قرارگیری در معرض نور خورشید در صبح کیفیت خواب و امور روزانه در کارمندان ادارات را بهبود می‌بخشد. به منظور ارتقا بهداشت ویژه خواب این باور وجود دارد که فعالیت ورزشی در محیط باز و به منظور کسب حداکثر مزایای قرار گرفتن در معرض نور، در صبح اجرا شود (۴۵، ۴۹).

فعالیت ورزش و کار شیفتی در نیروهای نظامی: نوبت کاری (شیفتی) یکی از عوامل بر هم زننده ریتم شبانه روزی است. نوبت کاری در نیروهای نظامی عامل مهمی است که باعث اختلال در عملکرد ساعت بیولوژیکی و ریتم‌های بیولوژیکی بدن می‌شود و اثرات نامطلوبی بر کیفیت کاری، سلامتی جسمانی و روانی و سایر جنبه‌های زندگی افراد دارد. تقریباً بیشتر نیروهای نظامی در همه کشورها درگیر کار شیفتی هستند که شامل کار در برخی اوقات شب است. مطالعات اپیدمیولوژیک و کوتاه مدت نشان می‌دهند کار شیفتی می‌تواند بیماری‌های متابولیکی را گسترش دهد (۵۰، ۵۱). نشان داده شده است تنها ۴ روز کار شیفتی شبیه سازی شده حساسیت انسولینی را کاهش می‌دهد (۵۱)، این اثر زیان آور می‌تواند در تعامل با وضعیت ژنتیکی خطر شیوع دیابت نوع ۲- را افزایش دهد. در مطالعه جدید نشان داده شد در آزمودنی‌های نظامی که نوبت کار هستند نسبت به افراد روزکار، تفاوت معنی داری بین ریتم شبانه‌روزی با فرسودگی شغلی، افسردگی، اضطراب و استرس وجود دارد. به عبارت دیگر، نوبت کاری باعث افزایش فرسودگی شغلی، افسردگی، اضطراب و استرس در نیروهای نظامی می شود (۵۲). علاوه بر پاسخ‌های فعالیت ورزشی که با ساعت بدن تنظیم می‌شوند، فعالیت ورزشی خود یک تنظیم‌کننده ساعت بدن است (۴۵). علاوه بر این، قنبری و همکاران نشان دادند میانگین وزن بدن، محیط کمر، محیط لگن، BMI و WHR در افراد نظامی که شیفتی کار می‌کردند نسبت به افراد روزکار بالاتر بود. در این مطالعه نشان داده شد که ۸۱/۶ درصد افراد شیفت کار BMI بالاتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع دارند و ۸۰/۳ درصد این افراد WHR بیشتر از ۰/۹۰ متر دارند. در مقابل، ۸۶/۲ درصد افراد نظامی روزکار BMI کمتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع داشتند و WHR حدود ۸۳/۱ درصد این افراد کمتر از ۰/۹۰ متر بود. بر اساس این نتایج، چنین بیان شده است که شیف کاری باعث افزایش خطر اضافه وزن و چاقی شده است (۵۳).

همچنین گزارش شده است ملوانان نیروی دریایی آمریکا که به صورت شیفتی کار می‌کنند، به سبب برنامه کار/استراحت نامنظم اغلب اختلال در ریتم شبانه‌روزی را تجربه می‌کنند. در مطالعه‌ای تاثیر قرار گرفتن در معرض نور خورشید، ساعت‌های کاری و مصرف نوشیدنی‌های کافئین دار بر مدت خواب روزانه این افراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد قرار گرفتن در معرض نور خورشید، ساعت‌های کاری و مصرف نوشیدنی‌های کافئینی عوامل مهمی که باید در برنامه ریزی سفرهای دریایی باید به آنها توجه نمود. این محققان چنین نتیجه گرفتند حتی قرار گرفتن مختصر در معرض نور خورشید ممکن است باعث برهم خوردن ریتم شبانه روزی این افراد شود و به طور منفی بر خواب آنها در محیط‌های عملیاتی تاثیر بگذارد (۵۴). همچنین مشخص شد استفاده از

نوشیدنی‌های کافئین دار در ملوانان مورد مطالعه با کاهش مدت زمان خواب مرتبط بود. ساعت‌های کار طولانی که منجر به توسعه دوره‌های بیداری می شود با اختلال الگوی خواب مرتبط است. یافته مهم دیگر این مطالعه این بود که قرار گرفتن در معرض نور خورشید در این افراد که به صورت شیفت کاری هستند منجر به خواب کمتر شد، به طوری که افرادی که بیش از نیم ساعت در روز در معرض نور خورشید قرار گرفته بودند، نسبت به افرادی که کمتر از نیم ساعت در روز در معرض نور خورشید قرار داشتند، حدود ۱۰ درصد و یا تقریباً ۴۰ دقیقه خواب کمتری داشتند (۵۴). بنابراین، به نظر می رسد در محیط‌های کاری غیرنظامی، نور خورشید عموماً با خلق خوی بهتر و افزایش سرزندگی ارتباط دارد. با وجود این، در محیط‌های دریایی، به عرشه کشتی آمدن و دیدن خورشید ممکن است به واقع باعث اختلال در ساعت ریتم شبانه‌روزی شود. این اختلال در خواب و ناتوانی متعاقب آن می‌تواند باعث خستگی شدید در هنگام دوره‌های کاری شود.

فرایندهای بیولوژیکی که حساسیت انسولینی و دیابت نوع دو را در اثر اختلال در ریتم‌های شبانه‌روزی کنترل می‌کنند، چندگانه می‌باشند. به عنوان مثال، در یک مطالعه با بررسی ارتباط عوامل محیطی در تعامل با زندگی روزانه مشخص شد در کارمندان شیفت شب مصرف وعده‌های غذایی کاهش و مصرف غذاهای سرپایی افزایش می یابد (۵۵). علاوه بر این، پاسخ‌های طبیعی متابولیکی به غذاها در افراد با کار شیفتی تغییر می‌کند. نداشتن خواب در اثر برهم خوردن الگوی روزانه می‌تواند نقش زیادی در خطر مقاومت انسولین ناشی از اختلال ریتم‌های شبانه‌روزی داشته باشد، چنانچه در یک مطالعه یک هفته محرومیت از خواب حساسیت انسولینی را کاهش داده است (۵۶). مانند دیگر جنبه‌های پاتولوژی بیماری‌های متابولیکی، تفاوت‌های فردی می‌توانند نقش تعیین کننده‌ای در مستعد بودن افراد برای عواقب منفی کار شیفتی داشته باشند. افزایش دامنه‌ی ریتم‌های شبانه‌روزی می‌تواند به افزایش در تحمل کار شیفتی منجر شود. تقویت ساعت درونی عضلات اسکلتی ناشی از تمرینات می‌تواند روشی باشد که بواسطه آن فعالیت‌های ورزشی روزانه می‌توانند در مقاومت بدن در مقابل رخدادهای متابولیکی کار شیفتی را بهبود دهند (۴۵). از طرف دیگر، کاربرد جلسات فعالیت ورزشی یا تمرینات منظم برای بهبود کیفیت خواب می‌تواند در کاهش محرومیت های خواب ناشی از کار شیفتی مفید باشد (۴۳).

طراحی راهبردهای مداخله‌ای مناسب به منظور بهبود عواقب کوتاه مدت و مزمن کار شیفتی مسئله‌ای اساسی در مواجهه با بیماری‌های متابولیک می‌باشد. تصحیح زمان جلسات فعالیت ورزشی به صورت بالقوه می‌تواند در برطرف نمودن اثرات زیان آور کار شیفتی کوتاه مدت یا طولانی مدت مفید باشد. چنانچه پیش تر ذکر شد دمای بدن و پاسخ‌های تنظیم دمای بدن، ریتم‌های شبانه-روزی را تقویت می‌کنند. در مطالعه ای (۵۷)، به مدت ۱۵ دقیقه در سه روز اول کار شیفتی رکاب زدن دوچرخه را داشتند. این فعالیت ورزشی تاخیر در مراحل ریتم دما را همراستا با زمان خواب در روز تسهیل کرده است. اگرچه این برنامه فعالیت ورزشی برای بیشتر کارمندان با کار شیفتی غیرقابل اجرا می باشد، استنادی بر این اصل است که زمان صحیح فعالیت ورزشی می‌تواند در بهبود الگوی خواب در افراد شیفت کار کمک کننده باشد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه مروری شواهدی ارائه کرد که ریتم‌های بیولوژیکی و فیزیولوژیکی بر عملکرد جسمانی تاثیر گذار هستند. اگرچه در بیشتر موارد ارتقاء عملکرد در ساعات ابتدایی عصر دیده شده است، به نظر می رسد در نظر گرفتن ترجیح زمانی هر فرد برای انجام فعالیت ورزشی (کرونوتایپ) و استفاده از زمان معینی در روز برای تمرین می‌تواند در روش بهبود عملکرد جسمانی در نقطه زمانی معین موثر باشد. قبل از اجرای تکالیف و تمرین‌های نظامی از گرم کردن پویا، به ویژه در صبح و محیط سرد برای افزایش دمای بدن استفاده شود.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- عملکرد جسمانی تحت تاثیر ریتم شبانه روزی قرار می‌گیرد، این موضوع در مشاغل و ماموریت های نظامی حائز اهمیت است.
- آگاهی از یافته‌های علم کرونوبیولوژی می تواند در طراحی و اجرای تمرینات جسمانی نظامی کمک کننده باشد.
- کار شیفتی در فعالیت های نظامی بر تغییرات متابولیکی و سلامت پرسنل نظامی تاثیرگذار است و باید مورد توجه جدی قرار گیرد.
- شناسایی زمان ترجیحی افراد برای انجام فعالیت بدنی در روز می‌تواند در تعیین تکالیف نظامی و اثربخشی بیشتر ورزش تاثیرگذار باشد.

تشکر و قدردانی: بدینوسیله از مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی دانشگاه بقیه الله برای دعوت و همکاری صمیمانه در به سرانجام رسیدن این کار تشکر و قدردانی می شود.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع:

1. Martin T, Moussay S, Bulla I, Bulla J, Toupet M, Etard O, et al. Exploration of circadian rhythms in patients with bilateral vestibular loss. PloS one. 2016;11(6): e0155067.
2. Richards J, Gumz ML. Advances in understanding the peripheral circadian clocks. The FASEB Journal. 2012;26(9):3602-13.
3. Hower IM, Harper SA, Buford TW. Circadian rhythms, exercise, and cardiovascular health. J Circadian Rhythms. 2018;16(1): 1-8.
4. Mistlberger RE, Skene DJ. Nonphotic entrainment in humans? J Biol Rhythms. 2005;20(4):339-52.
5. Figueroa A, Vicil F, Sanchez-Gonzalez MA, Wong A, Ormsbee MJ, Hooshmand S, et al. Effects of diet and/or low-intensity resistance exercise training on arterial stiffness, adiposity, and lean mass in obese postmenopausal women. Am J Hypertens. 2013;26 (3): 416-23.
6. Harfmann BD, Schroder EA, Esser KA. Circadian rhythms, the molecular clock, and skeletal muscle. J Biol Rhythms. 2015;30(2):84-94.
7. Aoyama S, Shibata S. The role of circadian rhythms in muscular and osseous physiology and their regulation by nutrition and exercise. Front Neurosci. 2017;11:63.
8. Colado JC, Triplett NT. Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. The J Strength Cond Res. 2008;22(5):1441-8.
9. Ray S, Reddy AB. Cross-talk between circadian clocks, sleep-wake cycles, and metabolic networks: Dispelling the darkness. Bioessays. 2016;38(4):394-405.
10. Takahashi JS. Transcriptional architecture of the mammalian circadian clock. Nat Rev Genet. 2017;18 (3): 164.
11. Wolff CA, Esser KA. Exercise timing and circadian rhythmsCurr Opin Physiol. 2019;10:64-9.
12. Koike N, Yoo S-H, Huang H-C, Kumar V, Lee C, Kim T-K, et al. Transcriptional architecture and chromatin landscape of the core circadian clock in mammals. Science. 2012;338(6105):349-54.
13. Challet E. Minireview: entrainment of the suprachiasmatic clockwork in diurnal and nocturnal mammals. Endocrinology. 2007;148(12):5648-55.
14. Wolff G, Esser KA. Scheduled exercise phase shifts the circadian clock in skeletal muscle. Medicine and science in sports and exercise. 2012;44(9):1663.
15. Schroder EA, Esser KA. Circadian rhythms, skeletal muscle molecular clocks and exercise. Exerc Sport Sci Rev. 2013;41(4).
16. Damiola F, Le Minh N, Preitner N, Kornmann B, Fleury-Olela F, Schibler U. Restricted feeding uncouples circadian oscillators in peripheral tissues from the central pacemaker in the suprachiasmatic nucleus. Genes Dev. 2000;14(23):2950-61.
17. Zambon AC, McDearmon EL, Salomonis N, Vranizan KM, Johansen KL, Adey D, et al. Time-and exercise-dependent gene regulation in human skeletal muscle. Genome biology. 2003;4(10):R61.
18. Teo W, Newton MJ, McGuigan MR. Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptationJ Sports Sci Med. 2011;10(4):600.
19. Cappaert TA. Time of day effect on athletic performance: An update. The J Strength Cond Res. 1999;13(4):412-21.
20. Baehr EK, Revelle W, Eastman CI. Individual differences in the phase and amplitude of the human circadian temperature rhythm: with an emphasis on morningness–eveningness. J Sleep Res. 2000;9(2): 117-27.
21. Youngstedt SD, O'Connor PJ. The influence of air travel on athletic performance. Sports Med. 1999;28(3):197-207.
22. Ammar A, Chtourou H, Souissi N. Effect of time-of-day on biochemical markers in response to physical exercise. J Strength Cond Res. 2017;31(1): 272-82.
23. Joubert LM, Manore MM. Exercise, nutrition, and homocysteine. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2006;16 (4): 341-61.
24. Kanabrocki E, Sothern R, Scheving L, Halberg F, Pauly J, Greco JJ, et al. Ten-year-replicated circadian profiles for 36 physiological, serological and urinary variables in healthy men. Chronobiol Int. 1988;5(3): 237-84.
25. Rivera-Coll A, Fuentes-Arderiu X, Díez-Noguera A. Circadian rhythms of serum concentrations of 12 enzymes of clinical interest. Chronobiol Int. 1993;10(3):190-200.
26. Vitošević B. The circadian clock and human athletic performance. The University Thought-Publication in Natural Sciences. 2017;7(1):1-7.
27. Souissi N, Gauthier A, Sesboüé B, Larue J, Davenne D. Circadian rhythms in two types of anaerobic cycle leg exercise: force-velocity and 30-s Wingate tests. Int J Sports Med. 2004;25(01):14-9.
28. Atkinson G, Coldwells A, Reilly T, Waterhouse J. A comparison of circadian rhythms in work performance between physically active and inactive subjects. Ergonomics. 1993;36(1-3):273-81.
29. Chtourou H, Souissi N. The effect of training at a specific time of day: a review. J Strength Cond Res. 2012;26(7):1984-2005.
30. Racinais S, Connes P, Bishop D, Blonc S, Hue O. Morning versus evening power output and repeated-sprint ability. Chronobiol Int. 2005;22(6):1029-39.
31. Hammouda O, Chtourou H, Chahed H, Ferchichi S, Kallel C, Miled A, et al. Diurnal variations of plasma homocysteine, total antioxidant status, and biological markers of muscle injury during repeated sprint: effect on performance and muscle fatigue—a pilot study. Chronobiol Int. 2011;28(10):958-67.
32. Hammouda O, Chtourou H, Chaouachi A, Chahed H, Bellimem H, Chamari K, et al. Time-of-day effects on biochemical responses to soccer-specific endurance in elite Tunisian football players. J Sport Sci. 2013;31(9):963-71.
33. Edwards BJ, Lindsay K, Waterhouse J. Effect of time of day on the accuracy and consistency of the badminton serve. Ergonomics. 2005;48:1488-98.

34. Reilly T, Atkinson G, Edwards B, Waterhouse J, Farrelly K, Fairhurst E. Diurnal variation in temperature, mental and physical performance, and tasks specifically related to football (soccer). Chronobiol Int. 2007;24(3):507-19.
35. Starkie RL, Hargreaves M, Lambert DL, Proietto J, Febbraio MA. Effect of temperature on muscle metabolism during submaximal exercise in humans. Experimental physiology. 1999;84(4):775-84.
36. Taylor K, Cronin JB, Gill N, Chapman D, Sheppard J. Warm-up affects diurnal variation in power output. Int J Sports Med. 2011;32(03):185-9.
37. Carlson SJ, Marriott BM. Nutritional Needs in Cold and High-Altitude Environments: Applications for Military Personnel in Field Operations: National Academies Press; 1996.
38. Naitoh P, Kelly TL. Sleep management user's guide for special operations personnel. Naval Health Research Center san diego ca; 1992.
39. Halson SL, Nichols JG. When failure is not an option: creating excellence in sport through insights from special forces. Int J Sports Physiol Perform. 2015;10(2):137-8.
40. Friedl KE, Knapik JJ, Häkkinen K, Baumgartner N, Groeller H, Taylor NA, et al. Perspectives on aerobic and strength influences on military physical readiness: report of an international military physiology roundtable. J Strength Cond Res. 2015;29:S10-S23.
41. Kraemer WJ, Szivak TK. Strength training for the warfighter. J Strength Cond Res 2012;26:S107-S18.
42. Fullagar HH, Skorski S, Duffield R, Hammes D, Coutts AJ, Meyer T. Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. Sports Med. 2015;45(2):161-86.
43. Grandou C, Wallace L, Fullagar HH, Duffield R, Burley S. The Effects of Sleep Loss on Military Physical Performance. Sports Med. 2019:1-14.
44. James SM, Honn KA, Gaddameedhi S, Van Dongen HP. Shift work: disrupted circadian rhythms and sleep—implications for health and well-being. Curr Sleep Med Rep. 2017;3(2):104-12.
45. Gabriel BM, Zierath JR. Circadian rhythms and exercise—re-setting the clock in metabolic disease. Nat Rev Endocrinol. 2019;15(4):197-206.
46. Hansen J, Timmers S, Moonen-Kornips E, Duez H, Staels B, Hesselink MK, et al. Synchronized human skeletal myotubes of lean, obese and type 2 diabetic patients maintain circadian oscillation of clock genes. Sci Rep. 2016;6:35047.
47. Myllymäki T, Kyröläinen H, Savolainen K, Hokka L, Jakonen R, Juuti T, et al. Effects of vigorous late-night exercise on sleep quality and cardiac autonomic activity. J Sleep Res. 2011;20(1pt2):146-53.
48. Banno M, Harada Y, Taniguchi M, Tobita R, Tsujimoto H, Tsujimoto Y, et al. Exercise can improve sleep quality: a systematic review and meta-analysis. Peer J. 2018;6:e5172.
49. Murray K, Godbole S, Natarajan L, Full K, Hipp JA, Glanz K, et al. The relations between sleep, time of physical activity, and time outdoors among adult women. PloS one. 2017;12(9).
50. Vetter C, Dashti HS, Lane JM, Anderson SG, Schernhammer ES, Rutter MK, et al. Night shift work, genetic risk, and type 2 diabetes in the UK biobank. Diabetes care. 2018;41(4):762-9.
51. Bescos R, Boden MJ, Jackson ML, Trewin AJ, Marin EC, Levinger I, et al. Four days of simulated shift work reduces insulin sensitivity in humans. Acta Physiol. 2018;223(2):e13039.
52. Habibi E, Abedi M. Relationship of Professional Burnout, Depression, Anxiety, and Stress with Circadian Rhythm in Military Personnel. Journal of Police Medicine. 2019;8(1):7-11.
53. GhanbarySartang A, Ashnagar M, Habibi E, Nowrouzi I, Ghasemi H. The relationship of body mass index and waist-hip ratio with shift work among military personnel in 2016. Journal of Occupational Health and Epidemiology. 2015;4(4):252-9.
54. Shattuck NL, Matsangas P. Sunlight exposure, work hours, caffeine consumption, and sleep duration in the naval environment. Aerosp Med Hum Perform. 2017;88(6):579-85.
55. Atkinson G, Fullick S, Grindey C, Maclaren D. Exercise, energy balance and the shift worker. Sports Med. 2008;38(8):671-85.
56. Buxton OM, Pavlova M, Reid EW, Wang W, Simonson DC, Adler GK. Sleep restriction for 1 week reduces insulin sensitivity in healthy men. Diabetes. 2010;59(9):2126-33.
57. Eastman CI, Hoese EK, Youngstedt SD, Liu L. Phase-shifting human circadian rhythms with exercise during the night shift. Physiol Behav. 1995;58(6):1287-91