Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

July, August 2022. Volume 11. Number 3

Research Paper

The Static Balance Performance Prediction Based on Arousal and Activation in Circadian Rhythm

*Amir Hamzeh Sabzi[1], Mohammad Vaez Mousavi[2], Pouneh Mokhtari[3]

1. Department of Sport Science, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2. Department of Physical Education, Faculty of Physical Education, Imam Hossein University, Tehran, Iran.
3. Department of Physical Education, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Sabzi AH, Vaez Mousavi M, Mokhtari P. [The Static Balance Performance Prediction Based on Arousal and Activation in Circadian Rhythm (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022; 11(3):438-451. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.3.8

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.3.8

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ABSTRACT

Background and Aims Time-of-day is a factor that could affect balance performance. On the other hand, arousal fluctuates throughout the day. The aim of this study was to investigate the static balance performance prediction based on arousal and activation in circadian rhythm.

Methods In the current study, 30 healthy subjects (age= 21± 0.5 years) participated. Static balance performance was measured three times: 10:00 am, 15:00 pm, and 8:00 pm. Arousal was recorded continuously during the performance of the balance task. A balance scoring test (BESS) and a Bioderm device were used to measure static balance and arousal. Repeated measures ANOVA, Pearson correlation coefficient, and regression analysis were used to analyze the data.

Results Results indicated that balance performance was greater at 3:00 pm than at 8:00 pm and 10:00 am ($P<0.05$). The relationship between activation and static balance performance was significant ($P<0.05$), while no significant relationship was found between arousal and static balance performance. Also, the intensity of activation correlation and static balance performance was higher at 3:00 pm ($P<0.05$, $r=-0.46$). The regression results showed that activation was a significant predictor at three different times of the day.

Conclusion According to the results, these findings can provide evidence for differentiation between arousal and activation as separable aspects of the energetics of physiological and behavioral function. It also introduces activation as a factor that raises the static balance in the afternoon to morning and evening.

Keywords Arousal, Activation, Skin Conductance Level, static Balance, Performance

Received: 07 Sep 2020
Accepted: 30 Dec 2020
Available Online: 23 Jul 2022

Corresponding Author:
Amir Hamzeh Sabzi, PhD.
Address: Department of Sport Science, Payame Noor University, Tehran, Iran.
Tel: +98 (912) 6703574
E-Mail: ah.sabzi@pnu.ac.ir

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Extended Abstract

Introduction

Optimal postural balance is an important foundation for the individual's ability to perform the movement, and constitutes a central element in ensuring adequate movement capabilities. The time-of-day effect is recognized as a physiologic and neurologic function, which is influenced by diurnal patterns to follow a proposed circadian rhythm in humans. The circadian rhythm is an example of a rhythm, which is primary environmentally driven. The circadian rhythm is influenced by external environmental factors, such as daylight, temperature, social interactions, and the timing of meals. During the 24-h time span, the circadian rhythms govern many physiological functions in the human organism (cognitive and metabolic state) and induce fluctuations in physiological functions that in turn affect our ability to perform various types of motor tasks. On the other hand, arousal fluctuates throughout the day. The aim of this study was to investigate the static balance performance prediction based on arousal and activation in circadian rhythm.

Materials and Methods

In the current study, 30 healthy subjects (age=21± 0.5 years) participated. Inclusion criteria included no history of multiple ankle sprains in the past year (three times or more), no history of ankle sprains or sprains in the past six months, no history of multiple knee injuries in the past year (three or more), no injuries or knee surgery over the past year, no history of multiple hip injuries over the past year (three times or more), no history of hip injury or surgery over the past six months, no history of disease or medication that affects the nervous system, and lack of a history of signs and symptoms of inner ear diseases, such as tinnitus, dizziness, and imbalance. A balance scoring test (BESS) and a Bioderm device were used to measure static balance and arousal. Before collecting the data, the participants were introduced to the objectives of the research and completed the consent form. On the day of the test, the electrodes of the Bioderm device were attached to the first finger of the index finger and the middle of the non-superior hand. The electrolyte (potassium, sodium, and chloride 0.05) was used as a skin ointment to better conduct the flow. The electrical conductivity level of their skin was measured 18-16 minutes before the static task was performed by the measuring device and its mean was recorded as the baseline level of arousal. Each participant then performed a static task in the order announced by the researcher. During the balance task, a computer connected to a device recorded the electrical conductivity of the skin information about the individual at a frequency of 10 Hz per second. To calculate the activation, the mean of the lowest level of electrical conductivity of the skin while performing the task was subtracted from the level of electrical conductivity of the base skin. Participants in 1 day and 3 times (10:00; 15:00 and 20:00) The average level of electrical conductivity of the skin during performing BESS as the level of arousal, deducting the mean of the lowest level of electrical conductivity of the skin while performing the task, the level of electrical conductivity of the base skin as activation and the number of recorded errors as the static equilibrium score was calculated and used for statistical analysis. Repeated measures ANOVA, Pearson correlation coefficient, and regression analysis were used to analyze the data.

Results

The highest amount of arousal and activation of participants with an average of 15.32 and 6.2 µs was related to the afternoon time. Also, the best static balance performance was achieved in the afternoon with a score of ten. Results indicated that balance performance was greater at 3:00 pm than at 8:00 pm and 10:00 am ($P<0.05$). The relationship between activation and static balance performance was significant ($P<0.05$), while no significant relationship was found between arousal and static balance performance. Also, the intensity of activation correlation and static balance performance was higher at 3:00 pm ($P<0.05$, $r=-0.46$). The regression results showed that activation was a significant predictor at three different times of the day.

Discussion

According to the results, these findings can provide evidence for differentiation between arousal and activation as separable aspects of the energetics of physiological and behavioral function. It also introduces activation as a factor that raises the static balance in the afternoon to morning and evening.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The paper was extracted from the PhD thesis. Also, the executive protocol of this research has been approved by the physical education and sports science department. All people received written information about the research and participated in the research if they wished

Funding

This article is taken from a doctoral thesis under the guidance of Mohammad Vaez Mousavi and the advice of Poone Mokhtari in the Department of Physical Education of Islamic Azad University, Science and Research Branch.

Authors' contributions

Conceptualization and Supervision: Mohammad Vaez Mousavi and Pouneh Mokhtari; Investigation, Writing original draft, Data collection, and Writing review & editing: Amir Hamzeh Sabzi.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We extend our special thanks to the supervisors and advisors who collaborated on this research.

مقاله پژوهشی

پیش‌بینی عملکرد تعادلی ایستا براساس انگیختگی و فعال‌سازی در چرخه بیولوژیکی روز

*امیرحمزه سبزی[۱]، محمد واعظ موسوی[۲]، پونه مختاری[۳]

۱. گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲. گروه تربیت بدنی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه امام حسین(ع)، تهران، ایران.
۳. گروه تربیت‌بدنی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Sabzi A H, Vaez Mousavi M, Mokhtari P. [The Static Balance Performance Prediction Based on Arousal and Activation in Circadian Rhythm (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022; 11(3):438-451. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.3.8

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.3.8

CC BY

چکیده

مقدمه و اهداف ساعات متفاوت روز، فاکتوری است که ممکن است بر عملکرد تعادلی تأثیر بگذارد. ازطرفی، انگیختگی نیز در طول روز نوسان دارد. هدف تحقیق، پیش‌بینی عملکرد تعادلی ایستا براساس انگیختگی و فعال‌سازی در چرخه بیولوژیکی روز بود.

مواد و روش‌ها در این تحقیق، ۳۰ آزمودنی سالم (سن= ۰/۵±۲۱ سال) شرکت کردند. عملکرد تعادل ایستا در سه زمان ۱۰:۰۰، ۱۵:۰۰ و ۲۰:۰۰ اندازه‌گیری شد. تا زمانی که شرکت‌کنندگان آزمون تعادل ایستا را اجرا می‌کردند، میزان انگیختگی آن‌ها ثبت شد. برای اندازه‌گیری تعادل ایستا و انگیختگی از آزمون امتیازدهی خطای تعادل و دستگاه بیودرم استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آنووا، ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون تحلیل شدند.

یافته‌ها یافته‌ها نشان داد عملکرد تعادل ایستا در ساعت ۱۵:۰۰ نسبت به ۱۰:۰۰ و ۲۰:۰۰ بهتر بود (P<۰/۰۵). رابطه بین فعال‌سازی با عملکرد تعادل ایستا معنادار بود (P<۰/۰۵)، درحالی‌که بین انگیختگی با عملکرد تعادل ایستا رابطه معناداری یافت نشد. همچنین شدت همبستگی فعال‌سازی و عملکرد تعادل ایستا در ساعت ۱۵:۰۰ بیشتر بود (P<۰/۰۵، r=-۰/۴۶). نتایج رگرسیون نشان داد فعال‌سازی پیش‌بینی‌کننده معناداری در ۳ زمان مختلف روز بود.

نتیجه‌گیری به نظر می‌رسد این نتایج می‌تواند شواهدی درزمینه جداسازی انگیختگی و فعال‌سازی به‌عنوان جنبه‌های جداگانه‌ای از کارکردهای رفتاری و فیزیولوژیکی فراهم کند. همچنین فعال‌سازی را به‌عنوان عاملی که سبب برتری تعادل ایستا در بعدازظهر نسبت به صبح و عصر است، معرفی می‌کند.

کلیدواژه‌ها انگیختگی، فعال‌سازی، فعالیت الکترودرم، تعادل ایستا، ریتم شبانه‌روزی

تاریخ دریافت: ۱۷ شهریور ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۱۰ دی ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۱

* **نویسنده مسئول:**
دکتر امیرحمزه سبزی
نشانی: تهران، دانشگاه پیام نور، دانشکده علوم ورزشی، گروه تربیت‌بدنی.
تلفن: ۶۷۰۳۵۷۴ (۹۱۲) ۹۸+
رایانامه: ah.sabzi@pnu.ac.ir

مقدمه

توانایی حفظ تعادل برای فعالیت‌های روزمره و عملکرد مطلوب ورزشی نقش مهمی ایفا می‌کند و کاهش عملکرد تعادلی خطر آسیب‌های ورزشی را افزایش می‌دهد. علاوه برآن، تمرین تعادل میزان آسیب‌های ورزشی را کاهش می‌دهد و به بهبود عملکرد ورزشی کمک می‌کند. بنابراین درک عوامل مشارکت‌کننده در عملکرد تعادلی می‌تواند کاربردهایی برای پیشگیری از آسیب و برگزاری جلسات تمرینی فراهم کند [۱].

زمان روز عاملی است که ممکن است عملکرد تعادلی را تحت‌تأثیر قرار دهد، اما تحقیقات انجام‌شده نتایج متناقضی درباره تأثیر آن گزارش کردند، به‌طوری‌که نتایج مطالعه گریبل و همکاران و کوان و همکاران حاکی از برتری عملکرد تعادلی در صبح نسبت به بعدازظهر و عصر [۲، ۳]، بسوت و همکاران و موسوی و نورسته حاکی از برتری عملکرد تعادلی در بعدازظهر و عصر نسبت به صبح [۴، ۵] و دیشامپ و همکاران، تأثیر نداشتن ساعات متفاوت روز بر عملکرد تعادلی است [۶]. نکته بارز این است که عملکرد تعادلی در ۱ روز عادی بین ساعات ۶ صبح تا ۶ عصر در نوسان است. بااین‌حال، فرایندهای زیربنایی که مسئول این تغییرات روزانه در عملکرد تعادلی هستند، هنوز به‌طور واضح مشخص نشدند [۷].

هسته فوق چلیپایی[1] یک ریتم‌دهنده روزانه برای بسیاری از رفتارها ازجمله چرخه خواب و بیداری است. نتایج یک مطالعه به این نگرش منتهی شد که این هسته تنظیم شبانه‌روزی انگیختگی را ازطریق افزایش هوشیاری یا خواب‌آلودگی و خواب به‌صورت دوره‌ای تنظیم می‌کند. انشعابات از هسته فوق چلیپایی به سیستم لوکوس سیرولئوس[2] که انگیختگی را تنظیم می‌کنند با این دیدگاه منطبق است [۸]. نورون‌های سیستم لوکوس سیرولئوس فعالیت تکانه‌ای را براساس مراحل مختلف خواب و بیداری تغییر می‌دهند. برای مثال، فعال شدن بیشتر هنگام بیداری، فعال شدن کمتر در طول خواب آهسته و تقریباً خاموش در طول خواب پارادوکسیک[3]. علاوه‌براین، تحریک موضعی شیمیایی نورون‌های سیستم لوکوس سیرولئوس موجب تحریک سیگنال‌های نوار مغزی هیپوکامپ و کورتیکال می‌شود [۹].

این نتایج نشان می‌دهد فعالیت نورون‌های نوراپی‌نفرین ال. سی انگیختگی را بالا می‌برد، اما دخالت احتمالی این سیستم در تنظیمات شبانه‌روزی هوشیاری هنوز گزارش نشده است [۱۰]. از آنجا که حفظ تعادل مستلزم یکپارچگی مداوم درون‌دادهای حسی مختلف است، پیشنهاد شد اختلال هوشیاری بر فرایندهای این یکپارچگی در سطح سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارد و به موازات آن، بر فرایندهای اساسی که حرکات جبرانی را در تنظیم قامت ایجاد می‌کنند، تأثیر می‌گذارند [۱۱]. ازاین‌رو، به نظر می‌رسد انگیختگی در نوسانات عملکرد تعادلی نقش داشته باشد.

انگیختگی در بیشتر مواقع با واژه‌های دیگر مانند فعال‌سازی به‌صورت هم‌معنا به‌کار رفته است، درحالی‌که شواهدی نیز مبنی بر تفاوت این ۲ وجود دارد [۱۲]. پیریبرام و مک گینس بین انگیختگی و فعال‌سازی تمایز قائل شدند. این پژوهشگران زیربنای فیزیولوژیکی متفاوتی برای انگیختگی و فعال‌سازی پیشنهاد کردند [۱۳]. از پژوهش درزمینه عصبی‌شناختی مربوط به این پدیده، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که انگیختگی از فعالیت‌های آمیگدال و سیستم فعال‌ساز صعودی واقع در تشکیلات مشبک مغز ناشی شده و تنها بر پاسخ‌های فیزیولوژیک اثرگذار است، اما عامل مؤثر بر فرایندهای آماده‌سازی حرکتی، فعال‌سازی است که حاصل فعالیت عقده‌های قاعده‌ای است [۱۴].

روش‌شناسی پژوهش‌های اخیر بر استفاده از سطح پایه اندازه‌گیری به‌منظور جدا کردن انگیختگی از فعال‌سازی تأکید می‌کنند. انگیختگی به وضعیت انرژیکی بدن در لحظه خاصی اطلاق شده که با سهاپ سجیده می‌شود، درحالی‌که فعال‌سازی تغییر میزان انگیختگی از سطح پایه به وضعیت اجرای تکلیف است که ازطریق کسر سطح پایه از میزان انگیختگی هنگام اجرای تکلیف به دست می‌آید. نتایج پژوهش‌ها نشان دادند آنچه که با عملکرد ارتباط دارد، فعال‌سازی است و نه انگیختگی [۱۲، ۱۵، ۱۶].

برای مثال، بری و همکاران انتظار خود را از یافتن ارتباط فعال‌سازی با مقیاس‌های عمکرد به روشنی بیان و پیش‌بینی کردند که انگیختگی با عملکرد ارتباطی نخواهد داشت [۱۲]. آن‌ها اضافه کردند انگیختگی با پاسخ‌های فیزیولوژیک مرتبط است نه با پاسخ‌های رفتاری. پژوهش‌هایی که متعاقباً انجام شد، این پیش‌بینی را تصدیق کرد. واعظ موسوی و همکاران با هدف بررسی رابطه انگیختگی و فعال‌سازی با عملکرد کودکان و افراد بالغ در تکلیف مداوم آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که مقیاس‌های عملکرد (میانگین زمان واکنش و تعداد خطاها) با میزان فعال‌سازی مرتبط است، اما سطح انگیختگی با این مقیاس‌ها رابطه معناداری ندارد [۱۵].

آن‌ها نتیجه گرفتند که بررسی‌های بیشتر با استفاده از به‌کارگیری انگیختگی و فعال‌سازی به‌عنوان جنبه‌های مختلف انرژیک و آزمون اثرات آن‌ها بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و رفتار ارزشمند خواهد بود. توضیح اثرگذاری ریتم شبانه‌روزی بر متغیرهای مربوط به ورزش و تمرین مشکل است. هنگامی که ورزشکاری آزمون عملکرد جسمانی را اجرا می‌کند، پاسخ‌های فیزیولوژیکی واضحی به تمرین‌هایی که در آن شرکت می‌کند، وجود خواهد داشت که ممکن است سبب پنهان شدن سازوکارهای اثرگذار زمانی شود [۱۷].

1. Suprachiasmatic Nucleus
2. Locus Coeruleus (LC) System
3. Rapid Eye Movement

از پژوهش‌های انجام‌شده درزمینه سازوکار ریتم شبانه‌روزی بر عملکرد ورزشی می‌توان استدلال کرد که اگر در شرایط عادی، عملکرد ورزشی تحت‌تأثیر زمان روز قرار می‌گیرد، پس زمان روز تأثیر مستقیمی بر ورزشکار دارد [۱۸] و ورزشکاران و مربیان هنگام تمرین و مسابقات باید توجه خاصی به این موضوع داشته باشند.

در پژوهش‌های گذشته بین تأثیر ساعات متفاوت روز بر عملکرد تعادلی تناقض وجود دارد [۴، ۵، ۱۹]. ازطرف‌دیگر، نقش عواملی که سبب این تغییرات می‌شوند، هنوز ناشناخته مانده است. با توجه به ارتباطی که فعال‌سازی با عملکرد دارد [۱۲، ۱۵، ۱۶] و اینکه در طول روز نیز دچار تغییر است، پیش‌بینی می‌شود فعال‌سازی در تغییرات تعادل ایستا در طول روز نقش داشته باشد. ازاین‌رو، پژوهش حاضر دنبال پاسخ‌گویی به این سؤال بود که اوج عملکرد تعادلی ایستا در طول روز در کدام ساعت است و اینکه آیا این تغییرات با فعال‌سازی پیش‌بینی می‌شود یا انگیختگی.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های کمّی بوده و با توجه به هدف آن از نوع مطالعات بنیادی است و در طبقه‌بندی براساس روش، پژوهش حاضر از نوع مطالعات توصیفی‌همبستگی است. طرح پژوهش از نوع طرح سری‌های زمانی[4] است، زیرا اندازه‌گیری متغیرها در ساعات مختلفی از روز انجام شد. ۳۰ شرکت‌کننده (سن= ۰/۵±۲۱ سال) به‌صورت داوطلبانه به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند.

معیارهای ورود شامل نداشتن سابقه اسپرین چندجانبه مچ پا در سال گذشته (۳ بار یا بیشتر)، نداشتن آسیب یا اسپرین مچ پا در ۶ ماه گذشته، نداشتن سابقه آسیب چندجانبه زانو در سال گذشته (۳ بار یا بیشتر)، نداشتن آسیب یا جراحی زانو در سال گذشته، نداشتن سابقه آسیب چندجانبه مفصل ران در سال گذشته (۳ بار یا بیشتر)، نداشتن آسیب یا جراحی ران در ۶ ماه گذشته، نداشتن سابقه بیماری یا مصرف دارویی که سیستم عصبی را تحت‌تأثیر قرار می‌داد و نداشتن سابقه علائم و نشانه بیماری‌های گوش داخلی ازجمله وزوز، سرگیجه و اختلال در تعادل بود.

برای گردآوری داده‌ها از دستگاه بیودرم یو. اف. آ[5] مدل اس. سی ۲۷۰۱، سیستم امتیازدهی خطای تعادل[6] و پرسش‌نامه ویژگی‌های فردی و وضعیت سلامت استفاده شد که جزئیات مربوط به این ابزار به شرح ذیل است:

4. Time Series
5. Bioderm UFA
6. Balance Error Scoring System

دستگاه بیودرم یو. اف. آ

برای اندازه‌گیری سطح هدایت الکتریکی پوست از دستگاه بیودرم یو. اف. آ مدل اس. سی ۲۷۰۱ استفاده شد. این دستگاه قابل حمل، ساخت شرکت تاوت تکنولوژی کشور ایالات متحده است و ۲ بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری دارد. بخش سخت‌افزاری شامل یک رمزگردان دقیق برای جمع‌آوری داده‌های فیزیولوژیک به‌صورت زمان واقعی[7] است که امکان جمع‌آوری اطلاعات بیش از ۸ حسگر را به‌طور هم‌زمان فراهم می‌کند. این سیستم، علائم فرستاده‌شده از حسگرها را با یک فیبر نوری به بخش دیگری به نام تی. تی/یو. اس. بی[8] می‌فرستد که به رایانه متصل است و داده‌های فیزیولوژیک را از آنالوگ به دیجیتال تبدیل می‌کند. سطح هدایت الکتریکی پوست (سهاپ)، مقیاس توانایی پوست در هدایت جریان الکتریسته است. این حسگر ۲ الکترود دارد که به بند اول انگشتان میانه و اشاره دست غیربرتر شرکت‌کننده نصب شد. هدایت الکتریکی پوست با استفاده از این دستگاه براساس واحد میکروسیمن[9] (µS) سنجیده شد [۲۰].

آزمون سیستم امتیازدهی خطای تعادل

به‌منظور ارزیابی تعادل ایستا از آزمون سیستم امتیازدهی خطای تعادل استفاده شد. در این آزمون، تعادل ایستای هر شرکت‌کننده روی ۲ سطح پایدار و ناپایدار در ۳ وضعیت مختلف اجرا می‌شود. ۳ وضعیت بدنی شامل حالت ایستاده روی ۲ پا به‌صورت جفت‌شده، ایستاده روی ۱ پا (پای برتر) با خم شدن ۹۰ درجه زانوی پای دیگر و قرارگیری ۲ پا پشت سر هم در یک خط است. آزمودنی در وضعیت چشم‌های بسته و دست‌ها روی کمر هر وضعیت را ۲۰ ثانیه حفظ می‌کند و آزمونگر خطاهای او را ثبت می‌کند. در صورت وقوع هر خطا هنگام حفظ تعادل برای شرکت‌کننده ۱ امتیاز منفی ثبت می‌شود [۲۱]. این آزمون برای ارزیابی تعادل ایستا (ضریب پایایی درون‌طبقه‌ای[10] برای بین آزمونگرها از ۰/۸۷ تا ۰/۹۸ و برای درون آزمونگرها از ۰/۷۸ تا ۰/۹۶) آزمون معتبری است [۲۲].

قبل از جمع‌آوری داده‌ها در جلسه‌ای، شرکت‌کنندگان با اهداف تحقیق آشنا شدند و فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند. سپس جهت آشنایی با آزمون تعادل ایستا از آن‌ها خواسته شد آزمون سیستم امتیازدهی خطای تعادل را ۵ بار تمرین کنند. باتوجه‌به اینکه پژوهش حاضر بدون هرگونه آزمایشی انجام شد، کسب رضایت کتبی از شرکت‌کنندگان جهت مشارکت در پژوهش کافی به نظر رسید. برای کاهش اثرات متغیرهای مخل از شرکت‌کننده‌ها خواسته شد شب قبل از آزمون خواب کاملی داشته باشند و تا ۲ ساعت قبل از هر آزمون از خوردن، آشامیدن

7. Real-Time
8. TT-USB
9. Micro-Siemens
10. Intraclass Correlation Coeficient (ICC)

و فعالیت بدنی خودداری کنند. همچنین طی روز آزمون فعالیت جانبی که منجر به خستگی شود، انجام ندهند.

در روز آزمون، الکترودهای دستگاه بیودرم (کلرید نقره/نقره به قطر ۷/۵ میلی‌متر) به بند اول انگشت اشاره و میانی دست غیربرتر متصل شد. از الکترولیت (پتاسیم و کلرید سدیم ۰/۰۵) به‌صورت پماد پوستی به‌منظور هدایت بهتر جریان استفاده شد. برای ثبت انگیختگی پایه از شرکت‌کنندگان خواسته شد روی صندلی به حالت کاملاً آرام بنشینند و سطح هدایت الکتریکی پوست آن‌ها ۱۶ تا ۱۸ دقیقه قبل از اجرای تکلیف تعال ایستا توسط دستگاه اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان سطح پایه انگیختگی ثبت شد. در زمان اجرای تکلیف تعادل ایستا، میزان سطح هدایت الکتریکی پوست آن‌ها به‌عنوان انگیختگی مربوط به آن تکلیف ذخیره شد.

سپس هر شرکت‌کننده تکلیف تعادلی ایستا را طبق ترتیبی که پژوهشگر اعلام می‌کرد، اجرا کرد. طی مدت اجرای تکلیف تعادلی، رایانه متصل به دستگاه ثبت‌کننده سطح هدایت الکتریکی پوست، اطلاعات مربوط به فرد را با فرکانس ۱۰ هرتز در ثانیه ثبت می‌کرد. برای محاسبه فعال‌سازی، میانگین کمترین میزان سطح هدایت الکتریکی پوست هنگام اجرای تکلیف از میزان سطح هدایت الکتریکی پوست پایه کسر شد. شرکت‌کننده‌ها در ۱ روز و ۳ بار (ساعات ۱۰:۰۰، ۱۵:۰۰ و ۲۰:۰۰) ارزیابی شدند.

میانگین سطح هدایت الکتریکی پوست هنگام انجام آزمون سیستم امتیازدهی خطای تعادل به‌عنوان سطح انگیختگی، کسر میانگین کمترین میزان سطح هدایت الکتریکی پوست هنگام اجرای تکلیف از میزان سطح هدایت الکتریکی پوست پایه به‌عنوان فعال‌سازی و میزان خطاهای ثبت‌شده به‌عنوان نمره تعادل ایستا محاسبه و برای تحلیل آماری استفاده شد. از آزمون کولموگروف-اسمیرنف[11] برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، جهت بررسی رابطه تغییرات تعادل ایستا طی روز از تحلیل واریانس یک‌راهه، برای بررسی رابطه بین انگیختگی و فعال‌سازی با تعادل ایستا از همبستگی پیرسون و جهت پیش‌بینی عملکرد تعادلی ایستا از روی فعال‌سازی از رگرسیون استفاده شد. در همه تحلیل‌ها سطح معناداری P<۰/۰۵ درنظر گرفته شد.

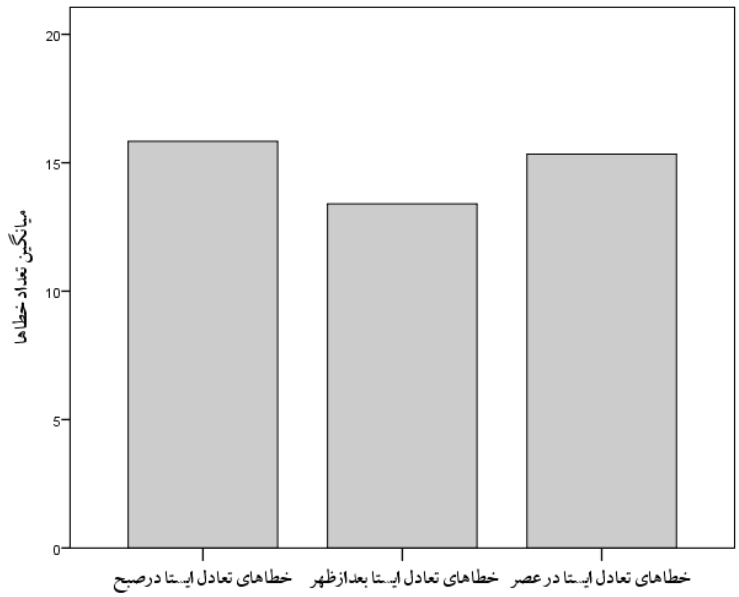
یافته‌ها

آمار توصیفی متغیرهای پژوهش در جدول شماره ۱ ارائه شده‌است. بیشترین مقدار انگیختگی و فعال‌سازی شرکت‌کنندگان با میانگین ۱۵/۳۲ و ۶/۲ میکروسیمن مربوط به زمان بعدازظهر بود. همچنین بهترین عملکرد تعادل ایستا در زمان بعدازظهر با امتیاز ۱۰ به دست آمد.

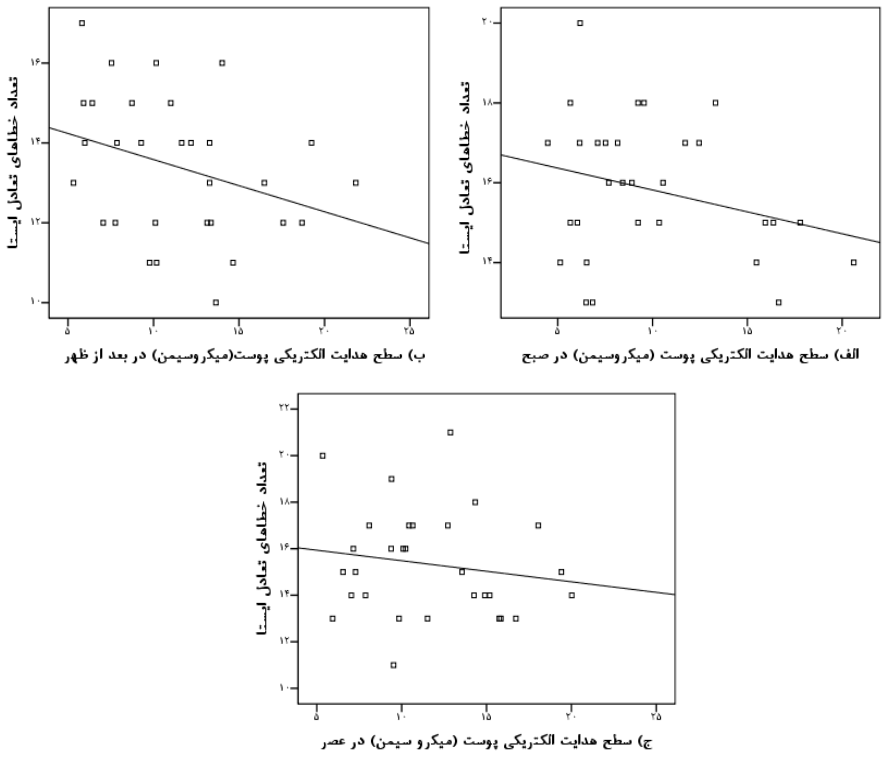
نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری نشان داد در تعادل ایستا بین زمان‌های صبح، بعدازظهر و عصر تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۰۱، $F_{۲/۵۸}$=۱۰/۸۷) (جدول شماره ۲). آمار توصیفی بیانگر عملکرد تعادل ایستای بهتر (تعداد خطاهای کمتر) شرکت‌کنندگان در زمان بعدازظهر نسبت به صبح و عصر بود (جدول شماره ۱) (تصویر شماره ۱).

جدول شماره ۳، نتایج تحلیل رگرسیون مربوط به پیش‌بینی تعداد خطاهای تعادل ایستا براساس فعال‌سازی در ساعات مختلف روز را نشان می‌دهد. نتایج تحلیل رگرسیون مدل معناداری در ۳ زمان مختلف روز نشان داد. این مدل ۰/۱۳، ۰/۱۵ و ۰/۱۳ درصد از واریانس را توجیه می‌کند. تحلیل نشان داد فعال‌سازی پیش‌بینی‌کننده معناداری در ۳ زمان مختلف روز بود.

11. Kolmogorov Smirnov



تصویر ۱. تعداد خطاهای تعادل ایستا در ۳ زمان صبح، بعدازظهر و عصر



تصویر ۲. ارتباط بین انگیختگی و تعادل ایستا در تصاویر الف، ب و ج مربوط به زمان‌های صبح، بعدازظهر و عصر

طب توانبخشی

در تصویر شماره ۲، تصاویر الف، ب و ج، ارتباط انگیختگی با تعادل ایستا در ۳ زمان صبح، بعدازظهر و عصر را نشان می‌دهد. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد بین انگیختگی و عملکرد تعادل ایستا در ۳ زمان صبح، بعدازظهر و عصر ارتباط معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵). میزان همبستگی انگیختگی با عملکرد تعادل ایستا در صبح (P>۰/۰۵، r=-۰/۲۷)، بعدازظهر (P>۰/۰۵، r=-۰/۳۲) و عصر (P>۰/۰۵، r=-۰/۱۶) و ضریب تعیین برای صبح، بعدازظهر و عصر به‌ترتیب ۰/۰۷، ۰/۱ و ۰/۰۳ بود.

در تصویر شماره ۳، تصاویر الف، ب و ج ارتباط فعال‌سازی با تعادل ایستا در ۳ زمان صبح، بعدازظهر و عصر را نشان می‌دهد. بین فعال‌سازی و عملکرد تعادل ایستا در ۳ زمان صبح، بعدازظهر و عصر ارتباط معناداری وجود داشت. میزان همبستگی فعال‌سازی با تعادل ایستا در صبح (P<۰/۰۵، r=-۰/۳۶)، بعدازظهر (P<۰/۰۵، r=-۰/۴۶) و در عصر (P<۰/۰۵، r=-۰/۳۷) و ضریب تعیین برای صبح، بعدازظهر و عصر به‌ترتیب ۰/۱۳، ۰/۲۱ و ۰/۱۴ بود.

بحث

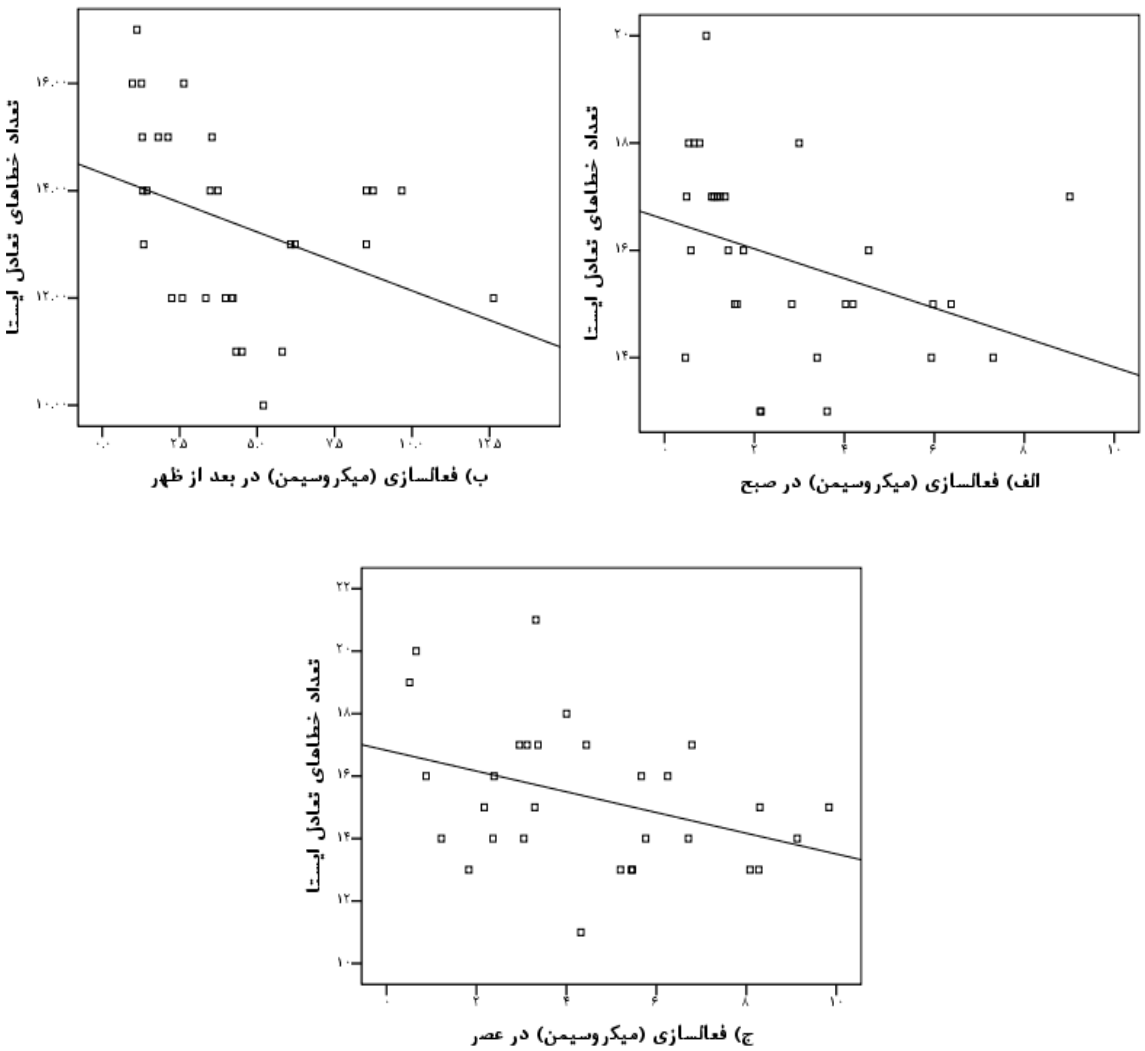
حفظ سطح اتکای باثبات طی تکالیف تعادلی نیازمند یکپارچگی درون‌دادهای حسی از ۳ بخش بینایی، دستگاه دهلیزی و گیرندهای عمقی است. هدف تکلیف تعادل ایستا، کم کردن حرکت مرکز جرم است که این کار با اصلاحات خیلی کوچک با پاسخ‌های حرکتی متواتر میسر می‌شود. این فعالیت‌های عضلانی پیچیده قابلیت‌های جسمانی بالایی را نیاز ندارد و بیشتر براساس سازماندهی اطلاعات حسی استوار است [۱].

نتایج این مطالعه نشان داد عملکرد تعادل ایستا در ساعات متفاوت روز متفاوت بود و بهترین عملکرد در بعدازظهر مشاهده

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار انگیختگی، فعال‌سازی و نمرات تعادل پویای شرکت‌کنندگان در صبح، بعدازظهر و عصر

زمان	میانگین±انحراف معیار		
	انگیختگی(µs)	فعال‌سازی تعادل ایستا(µs)	نمره تعادل ایستا
صبح	۹/۸۷±۴/۳۲	۲/۲۸±۲/۷	۱۵/۸±۱/۷۴
بعدازظهر	۱۱/۳۹±۴/۳۷	۸/۲۳±۲/۹۵	۱۳/۴±۱/۷۵
عصر	۱۱/۶۶±۴/۰۹	۴/۴۹±۲/۶	۱۵/۳۳±۲/۲۹

طب توانبخشی



تصویر ۳. ارتباط بین فعال‌سازی و تعادل ایستا در تصاویر الف، ب و ج مربوط به زمان‌های صبح، بعدازظهر و عصر

طب توانبخشی

شد. میانگین خطاها در تعادل ایستا در ۳ زمان صبح، بعدازظهر و عصر به‌ترتیب ۱۵/۸، ۱۳/۴ و ۱۵/۳۳ بود. این یافته با نتایج تحقیقات گریبل و همکاران، کوان و همکاران، یورگنسن و همکاران و بوچالا و همکاران ناهم‌خوان [۲، ۳، ۲۳، ۲۴] و با نتایج هاینباگ و همکاران هم‌خوان است [۱].

تمرینات منظم در ساعات خاصی از روز سبب افزایش عملکرد در آن ساعت می‌شود [۲۵]. در پژوهش هاینباگ و همکاران، ۱۹ شرکت‌کننده از ۲۵ شرکت‌کننده اظهار کردند معمولاً بعدازظهرها تمرینات ورزشی انجام می‌دهند. این پژوهشگران برتری عملکرد تعادلی را به انجام تمرینات منظم در بعدازظهرها نسبت دادند و نتیجه گرفتند که مشارکت ورزشی ممکن است ریتم‌های مختلف شبانه‌روزی ایجاد کند و به تفاوت تأثیر روز در تعادل در ورزشکاران تفریحی در مقایسه با افراد غیرفعال کمک کند [۹].

همچنین یافته‌ها نشان دادند برخی از متغیرهای فیزیولوژیکی

جدول ۲. ضرایب رگرسیون استانداردشده و استانداردنشده در صبح، بعدازظهر و عصر

زمان	ضریب استانداردنشده	ضریب استانداردشده	بتا
فعال‌سازی صبح	-۰/۲۸	۰/۱۳	-۰/۳۶
فعال‌سازی بعدازظهر	-۰/۲۱	۰/۱	-۰/۳۷
فعال‌سازی عصر	-۰/۳۳	۰/۱۵	-۰/۳۷

طب توانبخشی

جدول ۳. ضرایب رگرسیون استاندارد شده و استاندارد نشده در صبح، بعد از ظهر و عصر

	ضریب استاندار نشده	ضریب استاندارد شده	بتا
فعالسازی صبح	-۰/۲۸	۰/۱۳	-۰/۳۶
فعالسازی بعد از ظهر	-۰/۲۱	۰/۱	-۰/۳۷
فعالسازی عصر	-۰/۳۳	۰/۱۵	-۰/۳۷

طب توانبخشی

و روانی از الگوهای ریتمیک پیروی می‌کنند و بیشتر آن‌ها در بعدازظهر در اوج قرار دارند [۱۸]. پژوهشگران نشان دادند ثبات و دقت سرویس‌های بدمینتون و تنیس در ساعات بعدازظهر بالاتر است [۲۶]. این تغییرات بیشتر با تغییرات در خستگی و انگیختگی مرتبط است. ریتم‌های شبانه‌روزی بر مهارت‌های خاص فوتبال ازجمله دریبل، ضربه چیپ[12] و سانتر تأثیرات مشابهی داشته است [۲۷].

ریتم‌های شبانه‌روزی بر انعطاف‌پذیری عضلات مفصل زانو در مهارت‌های تعادل نقش مهمی ایفا می‌کند، به‌طوری‌که پژوهشگران، پایین‌ترین سطوح سفتی عضلانی را در بعدازظهر گزارش کردند [۲۸]. قدرت عضلانی که از دیگر عوامل تأثیرگذار بر تعادل است، مستقل از اینکه کدام گروه عضلانی ارزیابی شود، اوج عملکرد آن در بعدازظهر گزارش شده است. سایر گروه‌های عضلانی مانند ۴ سر و عضلات دورکننده، ریتم‌های مشابهی نشان دادند. قدرت عضلانی عضلات پشتی و قدرت کانسنتریک و اکسنتریک در بعدازظهر در بالاترین مقدار قرار دارد [۲۹]. سایر پژوهشگران سرعت‌های بالاتری از متغیرهای عملکرد ایزوکنتیک (مانند اوج گشتاور، میانگین توان و حداکثر توان) را در بعدازظهر به ثبت رساندند [۳۰].

بر مبنای نتایج این تحقیق، افزایش انگیختگی از سطح پایه تا انجام تکلیف منحصربه‌فرد بود و این امر همان مفهوم فعال‌سازی است. محدوده انگیختگی تعادل ایستا در دامنه‌ای بین ۲۱/۸۳ تا ۴/۴۷ و فعال‌سازی در محدوده ۱۲/۶۳ تا ۰/۴۶ قرار داشت. در تحقیقات گذشته، بری و همکاران و واعظ موسوی و همکاران (۲۰۰۷) برای ثبت سطح انگیختگی پایه مدت‌زمان ۳ دقیقه درنظر گرفته شد که این مدت‌زمان کم بود و سبب شد میزان فعال‌سازی برخی از شرکت‌کنندگان منفی به دست آید [۱۲، ۱۵] مویا آل بیول و همکاران، سطح پایه را ۱۰ دقیقه پیشنهاد کردند و همچنین اندرسون و فینست، مقدار زمان مورد نیاز برای ثبت سهاپ پایه را بیش از ۱۵ دقیقه تعریف کردند [۳۱، ۳۲].

در تحقیق حاضر، برای ثبت سطح پایه انگیختگی ۱۶ تا ۱۸ دقیقه درنظر گرفته شد و این امر باعث شد میزان فعال‌سازی شرکت‌کنندگان در تکلیف تعادل ایستا مثبت به دست آید. در پژوهش حاضر، آنچه که با عملکرد رابطه داشت، فعال‌سازی بود نه انگیختگی. فعال‌سازی توانست نمرات عملکرد تعادل ایستا را پیش‌بینی کند. باتوجه‌به ضریب تعیین همبستگی فعال‌سازی با عملکرد در صبح، بعدازظهر و عصر (۰/۱۳، ۰/۲۱ و ۰/۱۴) و فعال‌سازی بیشتر در بعدازظهر نسبت به صبح و عصر (۸/۲۳ در مقابل ۲/۷ و ۴/۴۹) نسبت به ۲ زمان دیگر، می‌توان برتری عملکرد در این ساعت از روز را به فعال‌سازی نسبت داد. ناتوانی انگیختگی در پیش‌بینی عملکرد با زیربنای نظری ارائه‌شده توسط پریبرام و مک گینس که زیرلایه‌های عصبی متفاوتی را برای این ۲ مفهوم توصیف کرده بودند، هماهنگ است [۱۳].

از مطالعات عصب‌شناختی مربوط به این پدیده، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که انگیختگی از فعالیت‌های آمیگدال و سیستم فعال‌ساز صعودی واقع در تشکیلات مشبک مغز ناشی شده و تنها بر پاسخ‌های فیزیولوژیک اثرگذار است، اما عامل مؤثر بر فرایندهای آماده‌سازی حرکتی، فعال‌سازی است که حاصل فعالیت عقده‌های قاعده‌ای است. علاوه‌براین، پریبرام و مک گینس عنوان کردند انگیختگی، پاسخ‌های فیزیولوژیک مرحله‌ای، به‌ویژه پاسخ جهت‌گیری را کنترل می‌کند [۳۱]. به عقیده آن‌ها، انگیختگی را می‌توان به‌صورت نوعی عامل تقویت‌کننده برای پاسخ جهت‌گیری درنظر گرفت. ازنظر این پژوهشگران، فعال‌سازی با نوعی آماده‌سازی برای بروز رفتار مرتبط است.

استفاده از سطح پایه که در تحقیق قبلی معرفی شده بود [۱۶]، باعث شد در پژوهش حاضر سطح قابل‌مشاهده‌ای از فعال‌سازی پدیدار شود که نشانه ویژگی‌های معرفی‌شده بری و همکاران است [۱۲]. همچنین پیش‌بینی عملکرد تعادلی ایستا از روی فعال‌سازی با یافته‌های پیشین بری و همکاران، واعظ موسوی و همکاران (۲۰۰۷ الف و ب) و واعظ موسوی و همکاران که پیشنهاد کرده بودند، فعال‌سازی پیش‌بینی‌کننده رفتار است نه انگیختگی، در توافق است [۱۲، ۱۵، ۱۶، ۳۴].

بنابراین اجرای رفتاری ممکن است مستقیماً با سطح انگیختگی ارتباط نداشته باشد. همچنین بری و همکاران به بررسی عملکرد کودکان در یک تکلیف اجرای مداوم پرداختند. آن‌ها به دنبال نتایج حاصل از این پژوهش، انگیختگی را به‌صورت وضعیت متغیری که منعکس‌کننده عوامل انرژتیک جاری است تعریف کردند و فعال‌سازی مرتبط با تکلیف را تغییرات انگیختگی مرتبط با تکلیف (از یک وضعیت پایه به سطح تکلیف) تعریف

12. Chip

کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد اندازه میانگین پاسخ سوگیری مرحله‌ای به انگیختگی وابسته است و به فعال‌سازی وابسته به تکلیف ارتباطی ندارد.

مقیاس‌های عملکردی (میانگین زمان واکنش و تعداد خطاها) با افزایش فعال‌سازی و نه با انگیختگی بهبود یافتند. آن‌ها نشان دادند انگیختگی و فعال‌سازی ابعاد انرژی‌زای مختلفی در پاسخ‌دهی فیزیولوژیک و رفتاری محسوب می‌شوند. واعظ موسوی و همکاران (۲۰۰۷ الف و ب)، با تکرار بعضی ابعاد پژوهش فوق بر روی بزرگسالان سالم [۱۵، ۱۶]، از یافته‌های بری و همکاران درباره تفکیک ابعاد انرژی‌زا به انگیختگی و فعال‌سازی حمایت کردند [۱۲]. آن‌ها در تحقیق خود به بررسی اثرات انگیختگی و فعال‌سازی بر پاسخ‌های رفتاری و فیزیولوژیک بر یک تکلیف مداوم پرداختند. نتایج، رابطه‌ای بین سطح انگیختگی با عملکرد در تکالیف مداوم را نشان نداد، درحالی‌که بین تغییرات انگیختگی نسبت به سطح پایه با عملکرد رابطه معناداری وجود داشت. واعظ موسوی و همکاران به بررسی ارتباط انگیختگی فیزیولوژیکی و فعال‌سازی افراد نظامی با عملکرد تعادل ایستا پرداختند [۳۴].

نتایج، ارتباط خطی بین فعال‌سازی و عملکرد را نشان داد، درحالی‌که انگیختگی با عملکرد همبستگی نداشت. همچنین قدرت پیش‌بینی عملکرد از روی فعال‌سازی متوسط گزارش شد. هم‌خوانی یافته‌های تحقیق حاضر که برای اولین بار در یک تکلیف حرکتی روزمره انجام شده است، با نتایج تحقیقات قبلی که افتراق انگیختگی و فعال‌سازی را در تکالیف آزمایشگاهی سنجیدند، نشان می‌دهد کیفیت انجام تکلیف صرف‌نظر از نوع آن تحت‌تأثیر فعال‌سازی است نه انگیختگی. ضریب تعیین نشان‌دهنده قدرت متوسط این تأثیر بود.

پژوهش حاضر همانند هر پژوهش دیگر با محدودیت‌هایی همانند نبود کنترل خستگی شرکت‌کنندگان و همچنین فرایند جمع‌آوری داده‌ها در ۱ روز بود. باتوجه‌به یافته‌های پژوهش، پیشنهاد می‌شود برای آموزش افراد مبتدی که در حال یادگیری مهارت‌هایی ورزشی هستند، جلسات تمرینی در بعدازظهر برنامه‌ریزی شوند تا مؤلفه تعادلی مهارت افزایش یابد.

باتوجه‌به تأثیر ساعات متفاوت روز بر عملکرد تعادلی ایستا، پیشنهاد می‌شود مراحل مربوط به جمع‌آوری داده‌های آزمون‌های کنترل وضعیت قامت ایستا در مراکز سنجش و اندازه‌گیری آمادگی جسمانی و حرکتی، باشگاه‌ها و پایگاه‌های قهرمانی در ساعات مشخصی از روز انجام شود. باتوجه‌به ارتباط فعال‌سازی با عملکرد تعالی ایستا به مربیان پیشنهاد می‌شود علاوه بر ابعاد آمادگی جسمانی، تاکتیکی و تکنیکی به تمرین و تقویت بُعد روانی آن‌ها نیز بپردازند.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به یافته‌های پژوهش می‌توان اظهار کرد تعادل ایستا طی روز تغییراتی دارد و بهترین عملکرد در بعدازظهر است. این تغییرات با فعال‌سازی ارتباط دارد. ارتباط داشتن فعال‌سازی با عملکرد تعادلی ایستا شواهدی را در تأیید فرضیه جدایی انگیختگی و فعال‌سازی فراهم کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران رسیده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری با راهنمایی محمد واعظ موسوی و مشاوره پونه مختاری در گروه تربیت‌بدنی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌پردازی و نظارت: محمد واعظ موسوی و پونه مختاری؛ بررسی، نگارش پیش‌نویس اصلی، گردآوری داده‌ها و نگارش بررسی و ویرایش: امیر حمزه سبزی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران از همه افرادی که در این پژوهش مستقل مشارکت داشتند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

[1] Heinbaugh EM, Smith DT, Zhu Q, Wilson MA, Dai B. The effect of time-of-day on static and dynamic balance in recreational athletes. Sports Biomechanics. 2015; 14(3):361-73. [DOI:10.1080/14763141.2015.1084036] [PMID]

[2] Gribble PA, Tucker WS, White PA. Time-of-day influences on static and dynamic postural control. Journal of Athletic Training. 2007; 42(1):35-41. [PMID] [PMCID]

[3] Kwon YH, Choi YW, Nam SH, Lee MH. The influence of time of day on static and dynamic postural control in normal adults. Journal of Physical Therapy Science. 2014; 26(3):409-12. [DOI:10.1589/jpts.26.409]

[4] Mousavi L, Shahrokhi H, Norasteh A. [The effect of time of day on static and dynamic postural control in female and male athletes (Persian)]. Sport Sciences and Health Research. 2011; 1(3):113-27. [Link]

[5] Bessot N, Lericollais R, Gauthier A, Sesboüé B, Bulla J, Moussay S. Diurnal variation in gait characteristics and transition speed. Chronobiology International. 2015; 32(1):136-42. [DOI:10.3109/07420528.2014.959128]

[6] Deschamps T, Magnard J, Cornu C. Postural control as a function of time-of-day: influence of a prior strenuous running exercise or demanding sustained-attention task. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation. 2013; 10(1):26. [DOI:10.1186/1743-0003-10-26]

[7] Bougard C, Lepelley MC, Davenne D. The influences of time-of-day and sleep deprivation on postural control. Experimental Brain Research. 2011; 209(1):109-15. [DOI:10.1007/s00221-010-2524-8]

[8] Klein DC, Moore RY, Reppert SM. Suprachiasmatic nucleus: The mind's clock. Oxford: Oxford University Press; 1991. [Link]

[9] Berridge CW, Foote SL. Effects of locus coeruleus activation on electroencephalographic activity in neocortex and hippocampus. Journal of Neuroscience. 1991; 11(10):3135-45. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.11-10-03135.1991] [PMID] [PMCID]

[10] Aston-Jones G, Chen S, Zhu Y, Oshinsky ML. A neural circuit for circadian regulation of arousal. Nature Neuroscience. 2001; 4(7):732-8. [DOI:10.1038/89522] [PMID]

[11] Patel M, Gomez S, Berg S, Almbladh P, Lindblad J, Petersen H, et al. Effects of 24-h and 36-h sleep deprivation on human postural control and adaptation. Experimental Brain Research. 2008; 185(2):165-73. [DOI:10.1007/s00221-007-1143-5]

[12] Barry RJ, Clarke AR, McCarthy R, Selikowitz M, Rushby JA. Arousal and activation in a continuous performance task. Journal of Psychophysiology. 2005; 19(2):91-9. [Link]

[13] Pribram KH, McGuinness D. Arousal, activation, and effort in the control of attention. Psychological Review. 1975; 82(2):116-49. [Link]

[14] Noteboom JT, Fleshner M, Enoka RM. Activation of the arousal response can impair performance on a simple motor task. Journal of Applied Physiology. 2001; 91(2):821-31. [DOI:10.1152/jappl.2001.91.2.821]

[15] VaezMousavi SM, Barry RJ, Rushby JA, Clarke AR. Evidence for differentiation of arousal and activation in normal adults. Acta Neurobiologiae Experimentalis. 2007; 67(2):179-86. [PMID]

[16] VaezMousavi SM, Barry RJ, Rushby JA, Clarke AR. Arousal and activation effects on physiological and behavioral responding during a continuous performance task. Acta Neurobiologiae Experimentalis. 2007; 67(4):461-70. [PMID]

[17] Edwards B, Waterhouse J, Atkinson G, Reilly T. Exercise does not necessarily influence the phase of the circadian rhythm in temperature in healthy humans. Journal of Sports Sciences. 2002; 20(9):725-32. [DOI:10.1080/026404102320219437] [PMID]

[18] Winget CM, DeRoshia CW, Holley DC. Circadian rhythms and athletic performance. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1985; 17(5):498-516. [PMID]

[19] Baccouch R, Zarrouk N, Chtourou H, Rebai H, Sahli S. Time-of-day effects on postural control and attentional capacities in children. Physiology & Behavior. 2015; 142:146-51. [DOI:10.1016/j.physbeh.2015.01.029] [PMID]

[20] Daman Pak S, Mokhtari P, VaezMousavi M. The Locus of Arousal and Activation Effects on Information Processing Stages. Sport Psychology Studies. 2016; 4(14):59-78. [Link]

[21] Susco TM, McLeod TCV, Gansneder BM, Shultz SJ. Balance recovers within 20 minutes after exertion as measured by the Balance Error Scoring System. Journal of Athletic Training. 2004; 39(3):241-6. [PMID] [PMCID]

[22] Valovich TC. The use of the Standardized assessment of concussion and the balance error scoring system and learning effects in youth sports participants [PhD Dissertation]. Charlottesville: University of Virginia; 2002. [Link]

[23] Jorgensen MG, Rathleff MS, Laessoe U, Caserotti P, Nielsen O, Aagaard P. Time-of-day influences postural balance in older adults. Gait & Posture. 2012; 35(4):653-7. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2011.12.018]

[24] Bouchaala F, Laatar R, Lahiani M, Zouabi A, Borji R, Rebai H, et al. Time of day effect on balance performance, functional capacities and risk of fall in women with rheumatoid arthritis. Chronobiology International. 2020; 37(2):227-35. [Link]

[25] Chtourou H, Souissi N. The effect of training at a specific time of day: A review. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2012; 26(7):1984-2005. [DOI:10.1519/JSC.0b013e31825770a7] [PMID]

[26] Edwards BJ, Lindsay K, Waterhouse J. Effect of time of day on the accuracy and consistency of the badminton serve. Ergonomics. 2005; 48(11-14):1488-98. [DOI:10.1080/00140130500100975]

[27] Reilly T, Fairhurst E, Edwards B, Waterhouse J. Time of day and performance tests in male football players. In: Reilly T, Cabri J, Araujo D, editors. Science and Football V: The Proceedings of the Fifth World Congress on Sports Science and Football. Oxfordshire: Routledge; 2005. [Link]

[28] Wright V, Dowson D, Longfied M. Joint stiffness-its characterisation and significance. Biomedical Engineering. 1969; 4(1):8-14. [PMID]

[29] Wyse JP, Mercer TH, Gleeson NP. Time-of-day dependence of isokinetic leg strength and associated interday variability. British Journal of Sports Medicine. 1994; 28(3):167-70. [DOI:10.1136/bjsm.28.3.167][PMID] [PMCID]

[30] Deschenes MR, Kraemer WJ, Bush JA, Doughty TA, Kim D, Mullen KM, et al. Biorhythmic influences on functional capacity of human muscle and physiological responses. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1998; 30(9):1399-407. [DOI:10.1097/00005768-199809000-00008] [PMID]

[31] Moya-Albiol L, Salvador A, Costa R, Martınez-Sanchis S, Gonzalez-Bono E, Ricarte J, et al. Psychophysiological responses to the Stroop Task after a maximal cycle ergometry in elite sportsmen and physically active subjects. International Journal of Psychophysiology. 2001; 40(1):47-59. [DOI:10.1016/s0167-8760(00)00125-2]

[32] Andersson S, Finset A. Heart rate and skin conductance reactivity to brief psychological stress in brain-injured patients. Journal of Psychosomatic Research. 1998; 44(6):645-56. [DOI:10.1016/s0022-3999(97)00305-x]

[33] Pribram KH, McGuinness D. Attention and para-attentional processing. Event-related brain potentials as tests of a model. annals of the New York academy of sciences. Annals of the New York Academy of Sciences. 1992; 658(1):65-92. [DOI:10.1111/j.1749-6632.1992.tb22839.x] [PMID]

[34] Vaez Mousavi S, Naji M, Osanlou M, Esmaeilpour Marandi H. [Cadet s performance prediction in a static balance task based on arousal and activation(Persian). Journal of Military Medicine. 2011; 13(2):109-16. [Link]

This Page Intentionally Left Blank