Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]

[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

Comparing The Effects Of Performing Three Mental Exertion During Cycling Exercise On Indicators Fatigue In Men Cyclist

Hamidreza Barzegarpoor[1] | Hamid Rajabi[2] | Saeed Mohammadi[3] | Raana Fayazmilani[4*]

1. Ph.D student at Shahid Beheshti University, Tehran.Iran.
2. Professor at Kharazmi University, Tehran.Iran.
3. MS.c student at Shahid Beheshti University, Tehran.Iran.
4. Assistant professor at Shahid Beheshti University, Tehran.Iran.

corresponding author: Raana Fayazmilani, r_milani@sbu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 21-4-2023
Revised: 16-11-2023
Accepted: 18-11-2023

Keywords:
Rating Of Perceived Exertion, Mental Exertion, Mental Fatigue, Cortisol

How to Cite:
Hamidreza Barzegarpoor, Hamid Rajabi, Saeed Mohammadi, Raana Fayazmilani. **Comparing The Effects Of Performing Three Mental Exertion During Cycling Exercise On Indicators Fatigue In Men Cyclist**. *Research In Sport Medicine and Technology*, 2024: 14(27): 15-33.

Performing a mental exertion before and during an exercise increase fatigue indices. One of the important factors in inducing fatigue indices is the type of mental effort engaged. So, the purpose of the present study is comparing the effects of performing types of mental exertion during cycling exercise on fatigue indicators. Methods: 10 cyclist men (with average age 34.5 ± 4.5 kg, height 177 ± 4.5cm, peak power output 236 ± 36 W) invited for 5 different sessions. In the first session, anthropometric characteristics and of cycling peak power output have determined. In the next four sessions, cycling for 45-min at 65% PPO on the cycle ergometer with (Stroop, AX-CPT and PVT) or without (watching a movie) mental exertion. Rate of perceived exertion and heart rate were recorded while cycling every 10 min and cortisol concentration was measured before and 30 min after exercise finished. Two-way repeated-measures ANOVAs were used to analyzing data. Results: Performing 45 minutes of Stroop mental exertion during cycling exercise increased effort perception, mental demand in the NASA questionnaire, and cortisol concentration compared to cycling exercise alone (P<0/05) but there is no differences between AX-CPT and PVT to cycling exercise alone . Conclusion: The results of present study showed that performing different mental effort simultaneously with the cycling exercise depending on the amount of challenge and their duration may affect some of the fatigue indices.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e:
CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

مقایسه تأثیر انجام سه نوع تلاش ذهنی در طول فعالیت ورزشی رکاب‌زدن بر میزان شاخص‌های خستگی مردان دوچرخه‌سوار

حمیدرضا برزگرپور[۱] | حمید رجبی[۲] | سعید محمدی[۳] | رعنا فیاض میلانی[٤*]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. استاد دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.
۳. کارشناس ارشد دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
٤. استادیار دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: رعنا فیاض میلانی r_milani@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: علمی–پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱

ویرایش: ۱۴۰۲/۸/۲۵

پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۷

واژه‌های کلیدی:

درک تلاش، تلاش ذهنی، خستگی ذهنی، کورتیزول، فعالیت ورزشی رکاب‌زدن

ارجاع:

حمیدرضا برزگرپور، حمید رجبی، سعید محمدی، رعنا فیاض میلانی. **مقایسه تأثیر انجام سه نوع تلاش ذهنی در طول فعالیت ورزشی رکاب‌زدن بر میزان شاخص‌های خستگی مردان دوچرخه‌سوار.** *پژوهش در طب ورزشی و فناوری*. ۱۴۰۳: ۱٤(۲۷):۳۳-۱۵

چکیده

زمینه و هدف: انجام تلاش ذهنی قبل و حین فعالیت ورزشی جسمانی باعث افزایش شاخص‌های خستگی می‌شود و به نظر می‌رسد که اندازه این خستگی به نوع تلاش ذهنی به‌کارگرفته‌شده بستگی داشته باشد. هدف پژوهش حاضر مقایسه تأثیر Stroop، AX-CPT و PVT همزمان با فعالیت ورزشی رکاب‌زدن بر درک تلاش، ضربان قلب و کورتیزول است. روش‌شناسی: ۱۰ مرد دوچرخه‌سوار با میانگین سنی ٤/۵± ۳٤/۵ سال، قد ٤/۵± ۱۷۷ سانتی‌متر و حداکثر توان خروجی ۳٦± ۲۳٦ وات طی پنج جلسه به آزمایشگاه فراخوانده شدند. در جلسه‌ی اول مشخصات آنتروپومتریک و آزمون تعیین حداکثر توان خروجی انجام شد. در چهار جلسه‌ی بعد فعالیت ورزشی رکاب زدن به‌مدت ٤۵ دقیقه و با شدت ٦۵ درصد حداکثر توان خروجی برروی چرخ کارسنج همراه (Stroop، AX-CPT و PVT) و بدون تلاش ذهنی (تماشای مستند) انجام شد. در حین انجام پروتکل درک تلاش و ضربان قلب هر ۱۰ دقیقه توسط آزمونگر اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه‌ی خونی قبل و ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت به‌منظور اندازه‌گیری کورتیزول جمع‌آوری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز تحلیل واریانس دو طرفه استفاده شد. نتایج: انجام ٤۵ دقیقه تلاش ذهنی Stroop با فعالیت ورزشی رکاب زدن به‌صورت هم‌زمان، باعث افزایش معنی‌دار میزان درک تلاش، شاخص فشار ذهنی در پرسشنامه ناسا و غلظت کورتیزول نسبت به فعالیت ورزشی رکاب زدن تنها شد ($p\leq 0/05$) اما بین جلسات تلاش ذهنی AX-CPT و PVT با فعالیت ورزشی رکاب زدن تنها تفاوت معنی‌داری یافت نشد. نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد انجام تلاش‌های ذهنی مختلف به‌صورت هم‌زمان با فعالیت ورزشی رکاب زدن بسته به میزان چالش و مدت زمان آن‌ها می‌توانند برخی شاخص‌های خستگی را به میزان بیشتری تحت تاثیر قرار دهند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]

[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

Extended Abstract

Fatigue is defined as a psychophysiological symptom that is classified as mental and physical, and physical fatigue can be classified as peripheral and/or central. The performance of mental or physical tasks involves common neural pathways originating from the prefrontal cortex. Mental fatigue is a psychobiological state that defined as an increase in subjective ratings of fatigue and/or an acute decline in cognitive performance; it is induced by prolonged periods of demanding mental exertion. Mental exertion refers to the engagement with a demanding cognitive task. Performing a prolonged mental exertion task prior to aerobic endurance exercise reduces exercise tolerance.

A lot of studies have shown performing a prolonged cognitive task prior whole-body exercise and single joint exercise (Leg extension and hand grip exercise) ameliorate endurance exercise and increase subjective fatigue indices. However, many sports fields require performing mental and physical task simultaneously but up to date, there is no study that investigate the effects of performing the cognitive task during a whole-body exercise.

Therefore, this study aimed to compare the level of mental fatigue induced by three cognitive tasks. It was hypothesized that all cognitive tasks would induce greater mental fatigue than a control condition, and that response inhibition tasks would induce greater mental fatigue than a simple vigilance task.

A randomized, counter-balanced crossover design was engaged. Ten recreational male cyclists (with average age 34.5 ± 4.5 kg, height 177 ± 4.5cm, peak power output 236 ± 36 W) participated in this study. They invited for five different sessions to the laboratory. All participants had no known mental or physical disorders. According to the guidelines of the university's institutional ethical review board, each participant was informed both verbally and in writing about the risks of the research and gave informed consent to participate in the study. The study was approved by the Ethics Committee at Shahid Beheshti University.

In the first session, participants performed an incremental cycling test to determine their peak power output (PPO), which was defined as the maximum wattage (Wmax). The cycling exercise protocol was conducted on a cycle ergometer and started at 80 watts (W) for 3 minutes, and then resistance increased by 40 W every 3 minutes thereafter until exhaustion (defined as a cadence of less than 60 revolutions per minute (RPM) for more

than 5 s despite strong verbal encouragement). The Wmax was calculated with the formula: Wmax= Wout + (t/180) × 40 [Wout: workload of the last completed stage; t: time (seconds) in the final stage]. The cycling ergometer was set in hyperbolic mode (i.e. the workload can be adjusted in watt) to allow participants to select their pedal frequency between 60-120 RPM. Saddle height was adjusted for each participant before the test and recorded for following visits.

Upon arrival for each of the four testing sessions, participants completed a questionnaire related to their motivation for the upcoming tasks as well as a pretest checklist to ensure adherence to the provided instructions. Participants were then fitted with heart rate monitors for measurement of heart rate. Briefly, performance, subjective, and physiological indicators of fatigue were assessed before and at regular intervals following one of three 45-min cognitive tasks or a control treatment. Task performance (response time and errors) and physiological indicators of fatigue were assessed throughout the 45-min treatments.

Briefly, the stroop task involved presenting colored words (red, blue, green, and yellow) on a computer screen. In this task, each word was printed in a different ink color, with options including yellow, blue, green, and red (incongruent word-color combinations). The participant's objective was to identify and indicate the ink color of the word presented, rather than considering the meaning of the word itself. In addition, the PVT was also used to evaluate the effect of mental fatigue on the cognitive performance. The task was as follows: a red dot was shown in the middle of the computer screen for 500 ms at random intervals of 2–10 sec for a total PVT. The AX-Continuous Performance Test (AX-CPT), sequences of letters were continuously presented one at a time on a computer screen. Participants were instructed to press the right button on the response box for a target trial and the left button for a non-target trial. The control sessions included watching "When We Left Earth: The NASA Missions – Episode 6: A Home in Space" (Discovery Channel, USA) on the same computer screen.

Serum cortisol concentration and psychomotor vigilance task (PVT) were measured pre- and post-sessions. During the experimental sessions rate of perceived exertion (RPE) and heart rate (HR) recorded every 10 minutes and directly following the post-PVT, participants completed the NASA-TLX questionnaire.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]

[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

SPSS version 18 was used for statistical analyses. Kolmogorov–Smirnov normality test was used to determine assumptions of normality. Two-way repeated-measures ANOVAs were used to analyzing data.

The results of the statistical data showed that cycling exercise have a significant effect on the perception of effort (P<0.00). Also, the results showed that there is a significant difference between the sessions in the rating of percieved exertion (RPE)(p<0.00). The results of the Banferroni test showed that performing Stroop task in 30, 40 and 45 minutes compared to cycling exercise with PVT, cycling exercise with AX-CPT and cycling exercise with watching movie (control session) have increased RPE. Furthermore, there was no significant difference in Rating of percieved exertion between other sessions (P < 0.05).

In addition, the results of the Banferoni follow-up test showed that cycling exercise significantly increases the heart rate. However, there was no significant difference between sessions in heart rate (P>0.05). The results of the statistical test showed that the cycling exercise without mental effort (control session) influences cortisol (P = 0.00). In addition, performing the exercise of pedaling simultaneously with the mental exercise of Stroop leads to an increase of 50, 78 and 85% of cortisol. Compared to cycling exercise with AX-CPT, PVT and cycling exercise without mental effort (F3,9=42.63, P=0.00). However, no significant difference was observed between the other sessions in the cortisol level. Furthermore, the statistical test showed that the mental effort of cycling exercise simultaneously with the mental effort of Stroop (F4,17=26.34, P=0.00), PVT (F4,17=18.34, P=0.05) and AX-CPT (F4,17=32.15), P = 0.04) there was a significant increase compared to the cycling exercise without mental effort. Also, a significant difference was observed between the mental Stroop task session compared to the other two sessions (F4, 17 = 22.28, P = 0.03). Despite the presence of more mental effort in PVT and AX-CPT mental effort compared to the session of cycling exercise without mental exertion, the difference between PVT and AX-CPT in the amount of mental effort was not observed (F4, 17 = 5.32, P = 0.32). Also, the results showed that there is no significant difference between other indices of the NASA questionnaire (F4, 17 = 5.66, P = 17.3).

This investigation aimed to answer which types of tasks induce the highest level of mental fatigue? In general, the results of this study have shown that performing different mental

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]

[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

exertion during cycling exercise simultaneously can increase the indices of fatigue compared to the control session (cycling exercise alone) and change rates are depends on types of mental exertion. Mental exertion changes some common indices between mental and physical activities. Performing prolonged Stroop task with cycling exercise increases fatigue indices (rating of perceived exertion, cortisol, mental effort) compared to prolonged AX-CPT and PVT task and cycling exercise alone (control session). The results of this studies advise that should consider.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]

[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]

[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

مقدمه

خستگی را به طور کلی می توان به عنوان سختی در شروع یا ادامه‌ی فعالیت‌های داوطلبانه تعریف کرد (۱) که می‌تواند جسمانی، ذهنی یا ترکیبی باشد. در حقیقت، خستگی نشان دهنده‌ی تخریب هموستاز، ناشی ازکار و استرس زیاد است (۲)که باعث می‌شود عملکرد به‌ویژه حین فعالیت‌های طولانی مدت محدود شود (۳). این محدودیت در عملکرد نه تنها توسط عوامل جسمانی بلکه از عوامل ذهنی نیز تاثیر می‌پذیرد. خستگی ذهنی یک حالت سایکوفیزیولوژیک[1] است که مشخصه‌ی آن افزایش حاد ادراکات ذهنی و تحریک خستگی است (٤) و فرآیندهایی از قبیل سطح هوشیارباش و توجه مداوم و فعالیت جسمانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به واسطه فعالیت های شناختی طولانی مدت ایجاد می‌شود. خستگی ذهنی باعث افزایش مقاومت در برابر انجام تلاش (۵)، تغییرات خلق و خویی (٦) و احساس بی‌حالی و فقدان انرژی می شود (۷). مطالعات حیوانی و شواهد آزمایشگاهی نشان داده اند فعالیت‌های مغزی القا کننده خستگی، فعالیت نرونی در نواحی قشر قدامی مغز را افزایش می‌دهد که در نتیجه آن غلظت آدنوزین خارج سلولی افزایش می‌یابد و باعث تجمع آدنوزین در قشر کمربند قدامی (ACC) می شود که نتیجه آن افزایش میزان درک تلاش[2] (RPE) می شود (۵, ۸). خستگی ذهنی همراه با تغییراتی در شاخص‌های رفتاری (افت در عملکرد شناختی)، ادراکی (بیان احساس) و فیزیولوژیایی (تغییرات کورتیزول) است (۹). از طرفی به‌نظر می‌رسد زمانی‌که یک فعالیت شناختی (که منجر به خستگی ذهنی می‌شود) هم‌زمان یا قبل از فعالیت ورزشی جسمانی انجام شود می‌تواند با توجه به اثر خستگی تجمعی، شاخص‌های خستگی را بیشتر افزایش دهد. در همین راستا مارکورا و همکاران[3] (۲۰۰۹) نشان دادند انجام فعالیت شناختی طولانی مدت قبل از یک آزمون وامانده‌ساز باعث افزایش RPE، افزایش احساس خستگی و افت عملکرد استقامتی شد (۱۰). آموزی و همکاران (۱۳۹٦) نیز بیان کردند انجام تلاش ذهنی Stroop به صورت هم‌زمان با پروتکل جسمانی رکاب زدن با شدت ٦۵ درصد حداکثر توان خروجی باعث افزایش معنی‌دار RPE در حین فعالیت، کورتیزول، پرولاکتین و شاخص‌های پرسشنامه ناسا[4] بعد از فعالیت نسبت به یک جلسه فعالیت جسمانی رکاب زدن تنها (کنترل) شد (رفرنس). در همین راستا پژوهش‌های گوناگون با استفاده از تغییر در نوع تلاش ذهنی، مدت زمان اجرا و زمان انجام تلاش ذهنی (قبل یا حین فعالیت ورزشی) خستگی ذهنی را ایجاد و اثرات آن بر فعالیت ورزشی را بررسی کرده‌اند. پیجاو و همکاران۵ (۲۰۱۵) در دو جلسه، اثر ۳۰ دقیقه تلاش ذهنی (آزمون استروپ ناهمخوان و همخوان) را به‌منظور تأثیر خستگی ذهنی بر شاخص‌های خستگی مرکزی و محیطی ۱۲ مرد فعال انجام دادند. نتایج نشان داد انجام ۳۰ دقیقه تلاش ذهنی استروپ ناهم‌خوان باعث افزایش RPE و کاهش عملکرد جسمانی شد در حالی که تلاش ذهنی استروپ هم‌خوان اثری بر عملکرد استقامتی نداشت (۱۱). چاتین و همکاران[6] (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که انجام فعالیت ذهنی با بار ذهنی زیاد (2-back) و کم (1-back) در

1. Psychophysiologic
2 . Rate of perceived exertion
3 . Marcora et al.
4 . NASA questionnaire
5 . Pageaux et al.
6 . Chatain et al.

طول انقباض عضلات چهارسر (با شدت ۱۵ درصد حداکثر نیروی بیشینه) باعث کاهش تحمل ورزشی نسبت به جلسه انقباض عضلات چهارسر (کنترل) شد (۱۲). اسمیت و همکاران[1] (۲۰۱۵) نشان دادند که انجام ۹۰ دقیقه تلاش ذهنی AX-CPT باعث افت عملکرد در حین فعالیت ورزشی دویدن متناوب از طریق افزایش درک تلاش می‌شود (٤). در مجموع ،همه این پژوهش‌ها نشان می‌دهند انجام انواع مختلف تلاش ذهنی درمدت زمان‌های متفاوت باعث ایجاد خستگی ذهنی می‌شوند و شاخص‌های خستگی را بعد از فعالیت ورزشی نسبت به جلسه کنترل بیشتر افزایش می‌دهند .در این پژوهشها فعالیت جسمانی بعد از تلاش ذهنی انجام گرفته است و به نظر می رسد در مکانیزمی مشابه همزمانی فعالیت جسمانی و تلاش ذهنی همین اثرات را داشته باشد ولی با توجه به اطلاعات ما تاکنون هیچ پژوهشی میزان خستگی ناشی از انجام تلاش‌های ذهنی گوناگون زمانی که در حین یک فعالیت ورزشی جسمانی انجام می شود(شبیه شرایط واقعی ورزش های جسمی-ذهنی) را بررسی نکرده است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر تاثیر انجام سه نوع تلاش ذهنی در حین فعالیت ورزشی رکاب زدن بر میزان شاخص‌های خستگی مردان دوچرخه سوار بود. فرضیه پژوهش حاضر بر این اصل بنا شده است که با توجه به اینکه تلاش‌های ذهنی داری میزان متفاوتی از چالش هستند (۹) پس احتمالا می‌توانند در زمانی برابر خستگی متفاوتی را ایجاد کنند. تعیین میزان خستگی این تلاش‌های ذهنی باعث طراحی دقیق‌تر یک دوره تمرین مغزی می شود. تمرین مغزی استقامتی بر همین اصل بنا شده است که با استفاده از محرک خستگی ذهنی در هر جلسه عملکرد استقامتی افراد را بهبود می‌بخشد (۱۳).

روش پژوهش

جامعه آماری پژوهش حاضر ۱۰ مرد دوچرخه‌سوار با میانگین سنی ٤±۳٤ سال، قد ٤/٥±۱۷۷ سانتی‌متر، وزن ٦±۷۳ کیلوگرم و حداکثر توان خروجی ۳٦±۲۳٦ وات بودند که به‌صورت داوطلبانه به عنوان آزمودنی در این پژوهش شرکت‌کردند. همه آزمودنی‌ها از لحاظ جسمی و روانی معاینه شدند. برای آزمودنی‌ها همه مراحل پژوهش، پروتکل‌ها و طرح پژوهش به‌صورت شفاهی و کتبی شرح داده شد و از فواید و خطرات اجرای آزمون‌ها آگاه شدند و رضایت نامه کتبی را نیز امضا کردند. همچنین به آزمودنی ها اجازه داده شد که در صورت هر گونه ناراحتی و نارضایتی بتوانند از فرایند پژوهش خارج شوند. از آزمودنی‌ها خواسته شده بود شب قبل از جلسه فعالیت خواب کافی (۷ ساعت) داشته و ۲٤ ساعت قبل حضور در آزمایشگاه از انجام فعالیت شدید و نیز مصرف الکل خوداری کنند. علاوه براین از آزمودنی‌ها خواسته شده بود که شب قبل و روز جلسه فعالیت از مصرف شیر و لبنیات و ۳ ساعت قبل از فعالیت از مصرف کافین و نیکوتین نیز خودداری کنند. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شده بود مصرف دارو یا هرگونه بیماری، آسیب و عفونت را اعلام کنند. همه جلسات طی ۳ هفته و با فاصله استراحت ۷۲ ساعت بین هر جلسه انجام گرفت. دمای محیط آزمایشگاه نیز بین ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگه داشته می‌شد. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی و کانتربالانس چهار پروتکل فعالیت استقامتی جسمانی بدون تلاش ذهنی،

1. Smith et al.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

فعالیت ورزشی رکاب زدن همراه با تلاش ذهنی Stroop، فعالیت ورزشی رکاب زدن همراه با تلاش ذهنی AX-CPT و فعالیت ورزشی رکاب زدن همراه با تلاش ذهنی PVT را انجام دادند. تلاش‌ها ذهنی Stroop و AX-CPT هر دو نیازمند پاسخ مهاری[1] هستند (۹) ولی تلاش ذهنی PVT بیشتر نیازمند توجه مداوم[2] (۱٤) است.

آزمودنی‌ها طی پنج جلسه مختلف به آزمایشگاه فراخوانده شدند. در جلسه اول آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه و فرم پرسش‌نامه عمومی و سلامت را تکمیل کردند. سپس شاخص‌های آنتروپومتریک (قد، وزن) و سابقه تمرینی و آزمون فزاینده بر روی دوچرخه کارسنج جهت تعیین PPO انجام شد تا بر اساس آن شدت فعالیت ورزشی رکاب‌زدن در جلسات بعدی تعیین شود. چهار جلسه بعدی به‌صورت توازن مقابل آزمودنی‌ها طی سه جلسه پروتکل ٤٥ دقیقه فعالیت ورزشی رکاب زدن همزمان با تلاش ذهنی (Stroop، AX-CPT و PVT) و طی یک جلسه دیگر ٤٥ دقیقه فعالیت ورزشی رکاب زدن را بدون تلاش ذهنی (تماشای مستند) انجام دادند. شدت فعالیت ورزشی رکاب زدن معدل ٦٥ درصد PPO بود. مطالعات راهنما نشان دادند که ٤٥ دقیقه فعالیت با شدت ٦٥ درصد PPO برای آزمودنی‌ها قابلیت اجرا دارد. پرسشنامه ناسا قبل و بلافاصله بعد از اتمام هر جلسه توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. قبل و ۳۰ دقیقه بعد از اتمام هر جلسه نمونه خونی به‌منظور تعیین غلظت کورتیزول خون گرفته شد.

یک هفته قبل از شروع آزمودنی‌ها برای تعین حداکثر توان خروجی به‌منظور تعیین شدت فعالیت رکاب‌زدن در جلسات پژوهش به آزمایشگاه فراخوانده شدند و پروتکل مربوطه را اجرا کردند. به طور خلاصه، آزمودنی‌ها پس از گرم‌کردن بر روی چرخ کارسنج مونارک مدل Sweden -839 به مدت ۲ دقیقه با بار کار ۵۰ وات و با سرعت ۸۰تا ۱۲۰ دور در دقیقه رکاب زدند و پس از آن به ازای هر ۲ دقیقه ۵۰ وات به مقاومت اضافه شد تا آزمودنی‌ها به واماندگی برسند. زمانی‌که علی‌رغم تشویق کلامی آزمونگر سرعت پدال زدن به کمتر از ٦۰ دور در دقیقه رسید آزمون قطع می‌شد. سپس از معادله کیوپرز[3] برای محاسبه حداکثر توان خروجی استفاده شد (۱۵). قبل از شروع آزمون فزآینده ارتفاع صندلی برای هر آزمودنی تنظیم و ثبت شد و در جلسات بعدی این ارتفاع مجددا برای هر آزمودنی ثبت شد.

انواع تلاش ذهنی

تلاش ذهنی Stroop

اولین‌بار به شکل آزمون برای ارزیابی توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی در سال ۱۹۳۵ توسط استروپ[4] ایجاد و مورد استفاده قرار گرفت (١٦). تحقیق حاضر، نوع رایانه‌ای آن به‌صورت فعالیت مداوم به‌کار گرفته خواهد شد. به گونه‌ای که هنگام اجرای فعالیت کلمات قرمز، سبز، زرد و آبی به صورت کاملا تصادفی با رنگ‌های مختلف(قرمز، سبز، زرد و آبی) با پس‌زمینه ثابت روی صفحه رایانه به نمایش در خواهند آمد. افراد باید بدون توجه به معنی لغوی کلمه نوشته شده، رنگی که با آن کلمه نوشته شده است را با استفاده کلیدهایی که روی دوچرخه به رنگ‌های قرمز، سبز، زرد و آبی تعبیه شده

1 . Inhibitory response
2 . Sustain attention
3 . Kuipers
4 . Stroop

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

انتخاب کنند. به‌عنوان‌مثال، اگرکلمه آبی با رنگ زرد روی صفحه نمایش ظاهر شود، آزمودنی باید بدون توجه به کلمه نوشته شده(آبی)، رنگی که با آن کلمه‌ی آبی نوشته شده(زرد) را به عنوان پاسخ درست انتخاب کنند در غیر این صورت و یا اگر نتواند در زمان مشخص به محرک پاسخ دهد پاسخ آن‌ها به عنوان جواب غلط ثبت می‌شود. این فعالیت در این پژوهش به منظور ایجاد خستگی ذهنی به کارگرفته شده است.

تلاش ذهنی AX–CPT

این فعالیت شناختی نیازمند هشیاری، حافظه کاری و پاسخ مهاری است و به طور موفقیت‌آمیزی برای ایجاد خستگی ذهنی در مطالعات ورزشی مورداستفاده قرار گرفته است (۱۰, ۱۷). آزمون شامل پاسخ به یک سری از حروف نشان داده شده روی صفحه کامپیوتر با استفاده از کلیک راست یا چپ موس می‌باشد. عملکرد آزمون AX-CPT به صورت خودکار و براساس زمان عکس العمل و دقت پاسخ‌ها ثبت می شود. آزمون به صورت توالی‌هایی از ردیاب – نشانه[1] است که در آن حرف A به عنوان نشانه و حرف X به عنوان ردیاب هستند. حروف باقی مانده الفبا به عنوان نشانه‌های نشانه نامعتبر و ردیاب غیرهدف هستند به استثنای حروف K و Y که حذف می‌شوند زیرا در ظاهر به حرف X شباهت دارند. توالی حروف به صورت شبه تصادفی ارائه می‌شوند. به طوری که آزمایش های هدف (AX) با احتمال ۷۰٪ و آزمایش های غیر هدف با احتمال ۳۰٪ رخ می‌دهند. آزمایش های غیر هدف شامل سه تحریک هستند که به صورت مساوی (هر کدام۱۰٪) ارائه می‌شوند. ۱) BX؛ دارای یک نشانه نامعتبر (بدون A) قبل از هدف ۲) AY؛ دارای یک نشانه معتبر و به دنبال آن یک ردیاب نامعتبر (بدون X) ۳) BY؛ دارای یک نشانه نامعتبر و به دنبال آن یک ردیاب نامعتبر (بدون A و X). برای سخت‌تر کردن آزمون، دو حرف به رنگ سفید (هر حرفی به غیر از حروف A، K، X وY) بین نشانه و ردیاب که به رنگ قرمز هستند، نشان داده می‌شود. همه حروف (حروف بزرگ) در مرکز صفحه با پس زمینه سیاه برای مدت زمان ۳۰۰ میلی ثانیه با فونت ۲٤ (آ هلوتیک۲[2]) ارائه می‌شوند. فاصله زمانی بین ارائه حروف ۱۲۰۰ میلی ثانیه می‌باشد. آزمودنی‌ها می‌بایست به محرک هدف با کلیک راست و به محرک غیر هدف با کلیک چپ موس پاسخ دهند.

تلاش ذهنی PVT

این آزمون به‌منظور تعیین میزان هوشیار باش، توجه مداوم، اختلالات خواب و تغییرات عملکرد شناختی افراد ورزشکار (۱۸) انجام می شود. آزمون به این صورت اجرا می شود که آزمودنی ها در پاسخ به ظهور یک محرک در مانیتور با حداکثر سرعت ممکن با فشار دادن یک دکمه به محرک پاسخ می دهند. این محرک یک نقطه قرمز رنگ است که در صفحه سیاه مانیتور برای چند میلی ثانیه ارائه می شود. محرک‌ها به صورت تصادفی در فواصل ۲ تا ۱۰ ثانیه ارائه می شود. اگر آزمودنی‌ها تحریک را تشخیص ندهند و یا نتوانند کمتر از ۵/ ثانیه (۵۰۰میلی‌ثانیه) به محرک پاسخ دهند پاسخ آنها به عنوان پاسخ غلط ثبت می‌شود.

1 . Cue-probe
2 . aHelvetic

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

درک تلاش

برای سنجش درک تلاش از مقیاس درک تلاش بورگ (اعداد بین ٦ تا ٢٠) استفاده شد. در هر جلسه RPE هر ١٠ دقیقه حین انجام پروتکل و مجموعاً ٥ نوبت ثبت می‌شد.

پرسش‌نامه ناسا

برای سنجش خستگی ذهنی از پرسش‌نامه ناسا استفاده شد. این پرسش‌نامه در اصل شامل دو بخش است. کل فشار کاری یک فعالیت به شش زیر مقیاس تقسیم می‌شود که در یک صفحه نشان‌داده‌شده است و به‌عنوان بخش نخست پرسش‌نامه به کار می‌رود. این شاخص به شش زیر مقیاس: فشار ذهنی، فشار فیزیکی، فشار زمانی، عملکرد، سطح ناکامی و سرخوردگی و تلاش تقسیم‌بندی می‌شود. در این پرسش‌نامه برای هر زمینه از فعالیت، در بازه ١٠٠ امتیاز با گام‌های ٥ امتیازی، تقسیم بندی شده است. آزمودنی‌ها می‌بایست به هر مقیاس از ٥ (کمترین فشار) تا ١٠٠ (بیشترین فشار) نمره دهند.

کورتیزول خون

خون‌گیری از آزمودنی‌ها، در هر جلسه در دو وهله زمانی انجام شد، نمونه خونی اولیه قبل از شروع فعالیت و نمونه خونی دوم ٣٠ دقیقه بعد از پایان فعالیت برای تعیین کورتیزول خون انجام شد. خون‌گیری از تمامی آزمودنی‌ها در یک اتاق با دمای کنترل‌شده، به میزان شش میلی‌لیتر به حالت نشسته از ورید بازویی آزمودنی انجام شد. جهت جلوگیری از همولیز، نمونه‌های خونی در لوله‌های EDTA ریخته شد و به‌آرامی مخلوط شد. هم‌چنین برای کنترل بیشتر از آزمودنی‌ها خواسته شد که شب قبل و روز خون‌گیری از مصرف شیر و غذاهای پر پروتئین و فعالیت جنسی خودداری نمایند. برای تعیین میزان غلظت کورتیزول از کیت الایزای کورتیزول شرکت Zellbio ساخت کشور آلمان (E-EL-0030) استفاده شد.

روش آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری spss نسخه ٢٢ تجزیه و تحلیل شدند. در ابتدا برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو–ویلک[1] استفاده شد. برای مقایسه میانگین پارامترهای درک تلاش و ضربان قلب بین جلسات و مقایسه تغییرات در هر گروه از روش آماری تحلیل واریانس دو طرفه ٥*٤ استفاده شد. هم‌چنین برای پارمتر کورتیزول در جلسات آزمون از روش آماری تحلیل واریانس دو طرفه٢*٤ استفاده استفاده شد و در نهایت برای شاخص‌های پرسشنامه ناسا از روش آماری تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد. سطح معنی‌داری برای تمام تحلیل‌های آماری، P<0/05 در نظر گرفته شد.

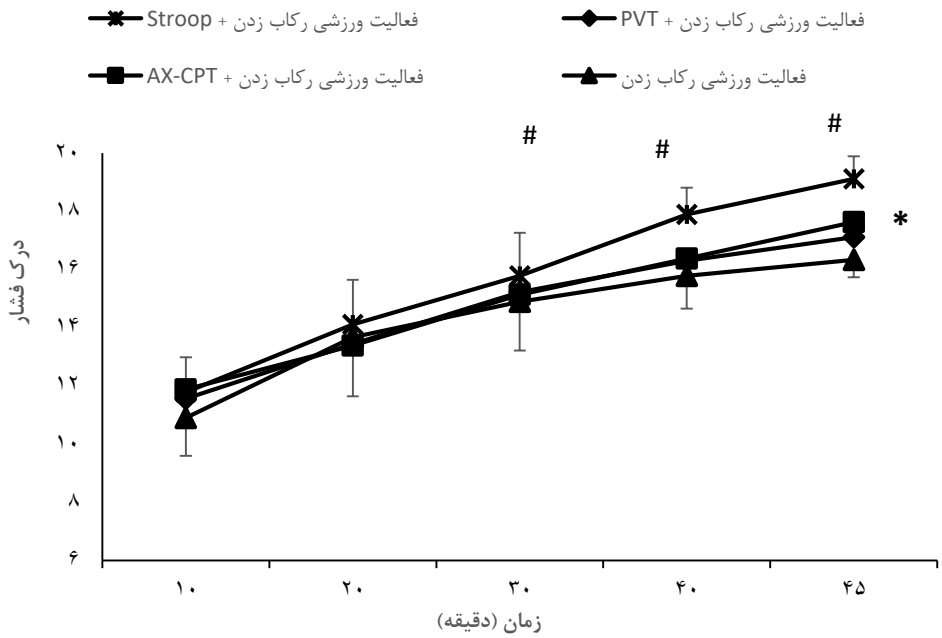
1 . Shapiro-Wilk

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

نتایج

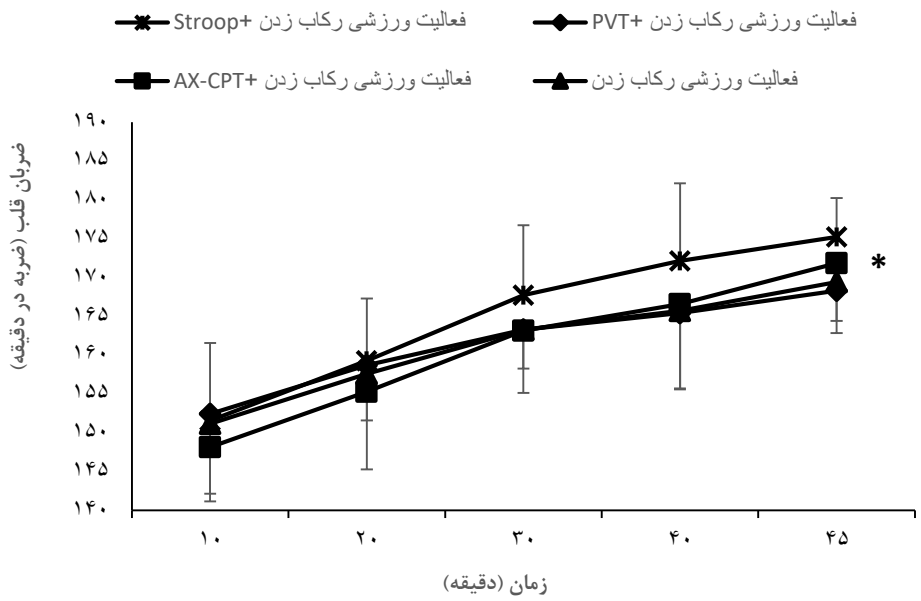
نتایج داده‌های آماری نشان داد فعالیت ورزشی صرف‌نظر از نوع آن تأثیر معنی‌داری بر درک تلاش دارد و درک تلاش را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (P< ۰/۰۰). همچنین نتایج آماری نشان داد تفاوت معنی‌داری بین جلسات در میزان درک تلاش وجود دارد (f ۱۲ ،۸۴ =۲/٦٦, P< ۰/۰۰). نتایج آزمون بانفرونی نشان داد انجام تلاش ذهنی استروپ درک تلاش را در دقایق ۳۰، ٤۰ و ٤٥ به ترتیب نسبت به فعالیت ورزشی رکاب‌زدن همراه PVT ۳، ۹ و ۱۱ درصد، فعالیت ورزشی رکاب‌زدن همراه با AX-CPT ٤، ۹ و ۱۲ درصد و فعالیت ورزشی رکاب‌زدن تنها ۵، ۱۳ و ۱۷ درصد افزایش داده است. اگرچه بین جلسات دیگر در میزان درک تلاش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P > ۰/۰۵) (نمودار۱– الف).

علاوه بر این نتایج آزمون تعقیبی بانفرونی نشان داد فعالیت ورزشی ضربان قلب را به طور معناداری افزایش می‌دهد. بااین‌وجود تفاوت معناداری بین جلسات در میزان ضربان قلب مشاهد نشد (P> ۰/۰۵) (نمودار۱– ب).



شکل ۱– الف

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

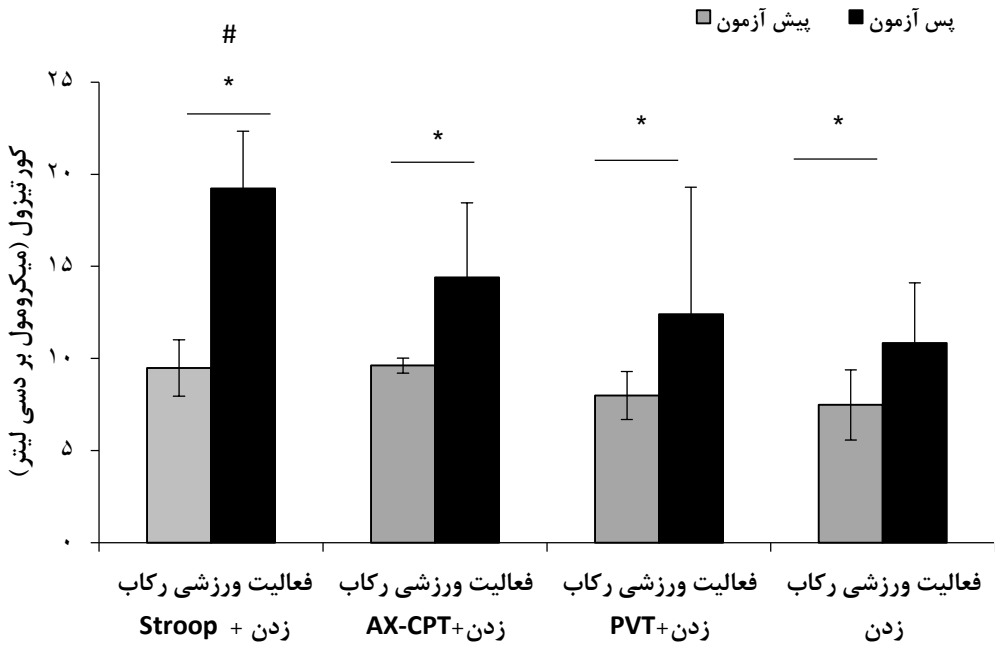


شکل ۱- ب

شکل ۱-الف. درک تلاش، * تفاوت معنی‌داری درون‌گروهی (P < ۰.۰۵)، # تفاوت معنی‌داری بین جلسات (P < ۰.۰۵) شکل ۱- ب. ضربان قلب، * تفاوت معنی‌داری درون‌گروهی (P < ۰.۰۵)

نتایج آزمون آماری نشان داد که فعالیت ورزشی رکاب‌زدن هم‌زمان و بدون تلاش ذهنی تأثیر معناداری بر غلظت کورتیزول می‌گذارد (P = 0.00) علاوه بر این، انجام فعالیت ورزشی رکاب‌زدن هم‌زمان با تلاش ذهنی استروپ به ترتیب باعث افزایش ۵۰، ۷۸ و ۸۵ درصد کورتیزول نسبت به فعالیت ورزشی رکاب زدن همراه با AX-CPT، PVT و فعالیت ورزشی رکاب زدن بدون تلاش ذهنی شد ($F_{3,9}$= 42.63 , P = 0.00). بااین‌وجود تفاوت معنی‌داری بین جلسات دیگر در میزان غلظت کورتیزول مشاهده نشد (شکل۲).

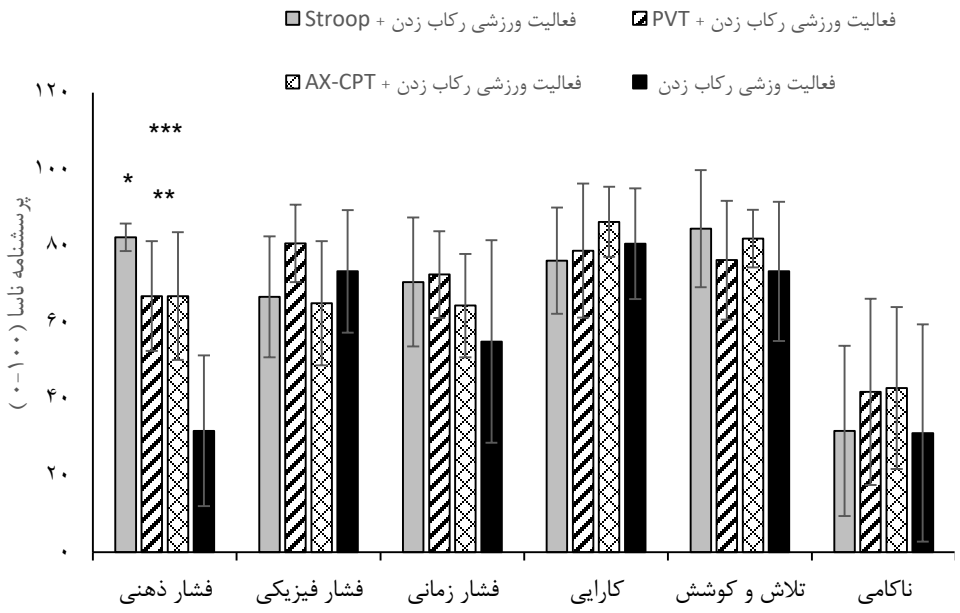
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]



شکل ۲. * تفاوت معنی‌داری بین گروهی (P<۰.۰۵)، # تفاوت معنی‌داری بین جلسه تلاش ذهنیstroopبا سه جلسه (P<۰.۰۵)

نتایج آزمون آماری نشان داد فشار ذهنی فعالیت ورزشی رکاب زدن همزمان با انجام تلاش ذهنی Stroop (F4,17= 26.34 , P=0.00)PVT (F4,17= 18.34 , P = 0.05 و AX-CPT (F4,17= 32.15 , P = 0.04)نسبت به فعالیت ورزشی رکاب زدن بدون تلاش ذهنی افزایش معنی‌داری داشت . هم‌چنین تفاوت معنی‌داری بین جلسه تلاش ذهنی Stroop نسبت به دو جلسه دیگر مشاهده شد(F4,17 = 22/28, P = 0/03). علی‌رغم وجود فشار ذهنی بیشتر فعالیت ورزشی رکاب زدن همزمان با تلاش ذهنی PVT و AX-CPT نسبت به جلسه فعالیت ورزشی رکاب زدن بدون تلاش ذهنی، تفاوتی بین جلسات فعالیت ورزشی رکاب زدن همزمان با تلاش ذهنی PVT و AX-CPT در میزان فشار ذهنی مشاهد نشد (F4, 17 = 5. 2, P = 0.32). همچنین نتایج نشان داد که بین دیگر شاخص های پرسشنامه NASA تفاوت معنی داری وجود ندارد(F4,17 = 5.66, P =3/17).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]



شکل ۴. پرسشنامه ناسا. * تفاوت معنی داری جلسه تلاش ذهنی Stroop نسبت به جلسات تلاش‌های ذهنی PVT، AX-CPT و فعالیت ورزشی رکاب زدن تنها ** تفاوت معنی داری جلسه تلاش ذهنی PVT نسبت به جلسه فعالیت ورزشی رکاب زدن، *** تفاوت معنی داری جلسه تلاش ذهنی AX-CPT نسبت به جلسه فعالیت ورزشی رکاب زدن

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد انجام هم‌زمان تلاش ذهنی و فعالیت ورزشی رکاب زدن صرف نظر از نوع تلاش ذهنی میزان درک تلاش و شاخص فشار ذهنی پرسشنامه ناسا (شاخص‌های گفتاری۱) را نسبت به فعالیت ورزشی رکاب زدن تنها بیشتر افزایش می‌دهد. هم‌چنین انجام هم‌زمان تلاش ذهنی و فعالیت ورزشی رکاب زدن استروپ به‌صورت معنی‌داری میزان درک تلاش را نسبت به فعالیت ورزشی رکاب زدن تنها افزایش داد. پژوهشگران درک تلاش را به‌عنوان یک حس آگاهانه از میزان سنگینی، شدت و سختی یک فعالیت ورزشی تعریف می‌کنند (۱۹). مکانیسم فیزیولوژیایی و عصبی درک تلاش را با توجه به نظریه‌های آوران‌های سه وچهار، تخلیه شارژ۲ و ترکیب این دو نظریه بیان می‌کنند. به‌طور خلاصه، نظریه آوران‌های سه و چهار بیان می‌کند افزایش متابولیت در عضلات در حال فعالیت (اسکلتی و تنفسی) باعث افزایش پیام‌رسانی این آوران‌ها به مراکز حسی مسئول تعیین درک تلاش در مغز می‌شود (۲۰, ۲۱). نظریه تخلیه شارژ بیان می‌کند که پردازش‌های سیگنال-های حسی به‌وسیله مغز که میزان درک تلاش را تعیین می‌کند ناشی از اطلاعاتی که آوران‌های سه و چهار از عضلات در حال فعالیت به سمت مغز می‌آید نیست (۲۲) بلکه درک تلاش ناشی از پردازش نرونی تخلیه شارژ مرتبط با فرمان مرکزی حرکت۳ است (۲۲). این نظریه بر این باور است که یک کپی از پیام‌های وابران فرمان مرکزی حرکت از نواحی حرکتی به

1 . Subjective workload
2 . Corollary discharge
3 . Central motor command

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

حسی مغز که مسئول تعیین درک تلاش است فرستاده می‌شود (۲۳, ۲٤) . بنابراین با افزایش شدت فعالیت ورزشی و یا در هنگام خستگی عضلانی تعداد واحدهای حرکتی و پالس‌های عصبی بیشتر به‌کارگرفته می‌شود در نتیجه پیام‌های وابرانی به سمت نواحی حسی مغز نیز بیشتر شده و درک تلاش افزایش می‌یابد (۲۵, ۲٦). نظریه ترکیبی بیان می‌کند درک تلاش نتیجه ادغام اطلاعات آوران‌های سه و چهار و تخلیه شارژ ناشی از فرمان مرکزی حرکت است (۲۱). زیرا نشان داده شده است درک تلاش در هنگام دوچرخه‌سواری با کاهش انتقال اطلاعات از آوران‌ها به سمت مغز کاهش نمی‌یابد (۲۷). نتایج پژوهش حاضر موید نظریه‌های تخلیه شارژ و ترکیبی است. زیرا نشان داده شده انجام تلاش ذهنی به فعالیت ورزشی رکاب زدن می‌تواند میزان درک تلاش را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. دلیل دیگر افزایش بیشتر درک تلاش در جلسه انجام تلاش ذهنی به فعالیت ورزشی رکاب زدن نسبت به فالیت ورزشی رکاب زدن تنها این است که انجام فعالیت‌های ذهنی طولانی باعث افزایش فعالیت مغز و مصرف بیشتر ATP و تولید بیشتر آدنوزین در نواحی از مغز به‌ویژه قشرکمربندی قدامی[1] (ACC) است (۲۸). ACC اعمالی مانند خودتنظیمی (۲۹)، تصمیم برای ادامه یک فعالیت (۳۰) و تعیین میزان درک تلاش در حین انجام فعالیت ورزشی استقامتی (۳۱) را کنترل می‌کند. پژوهش‌ها نشان دادند فعالیت‌های ذهنی مانند AX-CPT و استروپ می‌توانند با به‌کارگیری این ناحیه از مغز باعث افزایش مصرف انرژی و تولید آدنوزین در این ناحیه شوند که نتیجه آن افزایش درک تلاش و خستگی ذهنی (۳۲) و هم‌چنین کاهش زمان رسیدن به واماندگی است. مارکورا و همکاران[2] (۲۰۰۹)، پیجاوو و همکاران[3] (۲۰۱۳) و اسمیت و همکاران[4] (۲۰۱٦) نشان دادند انجام این تلاش‌های ذهنی قبل از انجام فعالیت ورزشی جسمانی میزان درک تلاش در حین فعالیت ورزشی جسمانی افزایش و در نتیجه زمان رسیدن به واماندگی را کاهش می‌دهد (۱۰, ۳۳, ۳٤) . هم‌چنین در پژوهش حاضر نشان داده شد فعالیت استروپ ناهم‌خوان نسبت به فعالیت‌های AX-CPT و PVT هنگامی که به‌صورت هم‌زمان با فعالیت ورزشی رکاب زدن انجام شد به‌طور معناداری درک تلاش را افزایش داده است. انجام فعالیت‌های ذهنی طولانی مدت سطوح پایه انرژی مصرفی و میزان فعالیت مغز را افزایش می‌دهد (۳٤) و هر چه فعالیت ذهنی سخت‌تر باشد میزان فعال‌سازی مغز نیز بیشتر خواهد بود (۳۵). پیجاوو و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند فعالیت استروپ ناهم‌خوان نسبت به فعالیت استروپ هم‌خوان باعث افزایش معناداری در میزان درک تلاش و کاهش زمان رسیدن به‌واماندگی در فعالیت ورزشی جسمانی بعد از آن شد (۸). به‌نظر می‌رسد فعالیت‌های ذهنی که حافظه‌کاری۵ را درگیر می‌کنند و نیاز به پاسخ‌های مهاری٦ دارند باعث فعال‌سازی بیشتر ACC (۳٦) و در نتیجه مصرف انرژی بیشتر در مغز می‌شوند. فعالیت‌های ذهنی استروپ ناهم‌خوان و AX-CPT حافظه‌کاری را درگیر می‌کنند، اما فعالیت ذهنی PVT نمی‌تواند حافظه‌کاری را درگیر کند. از طرفی میزان چالش و سختی فعالیت ذهنی می‌تواند میزان فعال‌سازی مغز و مصرف انرژی در مغز را تحت تاثیر قرار دهد و فعالیت‌هایی که از چالش کمتری برخوردار هستند باید مدت زمان

1 . Anterior cingulate cortex
2 . Marcora et al.
3 . Pageaux et al.
4 . Smith et al.
5 . Working memory
6 . Inhibitory response

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

بیشتری به کار گرفته شوند تا باعث ایجاد خستگی ذهنی شوند. پژوهش حاضر و نتایج پژوهش‌های قبل تا حدودی موید این مطلب هستند که فعالیت ذهنی استروپ ناهم‌خوان نسبت به دو فعالیت دیگر از سختی و چالش بیشتری برخوردار است و در مدت زمان کمتری شاخص‌های خستگی ذهنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پیجاوو و همکاران (۲۰۱٤) و ون‌کاتسم و همکاران۱ (۲۰۱۷) نشان دادند انجام به‌ترتیب ۳۰ و ٤٥ دقیقه فعالیت استروپ ناهم‌خوان قبل از فعالیت ورزشی استقامتی میزان درک تلاش را در حین فعالیت ورزشی استقامتی به‌طور معناداری افزایش می‌دهد (۸). در همین راستا مک‌ماهون و همکاران۲ (۲۰۱٤) نشان دادند انجام ۹۰ دقیقه فعالیت فعالیت ذهنی AX-CPT قبل از انجام فعالیت ورزشی دو ۳۰۰۰ متر، زمان اجرای این فعالیت ورزشی را افزایش می‌دهد (۳۷). هم‌چنین اسمیت و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند ۹۰ دقیقه فعالیت ذهنی AX-CPT میزان RPE را در حین فعالیت ورزشی تناوبی بعد از آن افزایش می‌دهد (٤). با توجه به اینکه مدت زمان انجام تلاش ذهنی در پژوهش حاضر ٤٥ دقیقه بوده است به‌نظر می‌رسد تلاش ذهنی AX-CPT در این زمان نمی‌تواند شاخص‌های خستگی را به‌طور معناداری تغییر دهد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد صرف نظر از نوع تلاش ذهنی، انجام هم‌زمان تلاش ذهنی و فعالیت ورزشی رکاب زدن صرف نظر از نوع تلاش ذهنی نسبت به فعالیت ورزشی رکاب زدن بر غلظت کورتیزول پلاسما وجود دارد هرچند افزایش چشمگیری در غلظت کورتیزول بعد از انجام تلاش ذهنی استروپ و فعالیت ورزشی رکاب زدن به‌صورت هم‌زمان نسبت به بقیه جلسات یافت شد. بدن از دو طریق به استرس‌های ذهنی و جسمی پاسخ می‌دهد: ۱) فعالیت محور هیپوتالاموس–هیپوفیز–آدرنال که باعث افزایش ترشح هورمون‌های استرسی (کورتیزول) می‌شود ۲) محور سمپاتیک – آدرنرژیک – مدولاری که همراه با افزایش رهایش کاتکولامین‌ها، ضربان قلب و فشار خون است (۳۸). افزایش معنی‌دار غلظت کورتیزول در جلسه انجام تلاش ذهنی استروپ به همراه فعالیت ورزشی رکاب زدن بدین معنی است که تلاش ذهنی استروپ میزان استرس کافی را برای ایجاد خستگی ذهنی داشته است در حالی که تلاش های ذهنی AX-CPT و PVT در این مدت زمان میزان استرس کافی را ایجاد نکرده‌اند که دلیل احتمالی می‌تواند عدم چالش و زمان اجرای کافی برای این دو نوع تلاش باشد. هم‌چنین اسمیت و همکاران۳ (۲۰۱۹) نشان دادند که انجام ٦۰ دقیقه تلاش ذهنی استروپ به تنهایی (بدون فعالیت ورزشی جسمانی) نسبت به تلاش‌های ذهنی AX-CPT و PVT باعث تغییر بیشتر در امواج مغزی و افزایش بیشتر شاخص-های خستگی شد. آنها بیان داشتند که تلاش ذهنی استروپ به دلیل نیاز داشتن به پاسخ‌های مهاری باعث ایجاد خستگی ذهنی بیشتر نسبت به دو تلاش دیگر شد (۹). انجام هم‌زمان تلاش ذهنی و فعالیت ورزشی رکاب زدن صرف نظر از نوع تلاش ذهنی نسبت به فعالیت ورزشی رکاب زدن تنها بر ضربان قلب وجود ندارد. پژوهش‌ها نشان دادند خستگی ذهنی ناشی از انجام فعالیت ذهنی طولانی می‌تواند باعث کاهش فعالیت عصب واگ و افزایش فعالیت سیستم سمپاتیک شود که در نتیجه آن ضربان قلب افزایش می‌یابد (۳۹). اما این اصل تنها در زمانی اتفاق می‌افتد که تلاش ذهنی تنها انجام شود.

1 . Van cutsem et al.
2 . Mac Mahon et al.
3 . Smith et al.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

زمانی که تلاش ذهنی و فعالیت ورزشی به‌صورت هم‌زمان انجام می‌شود به‌دلیل اینکه سیستم عصبی خودکار با فعالیت ورزشی جسمانی به اندازه زیادی فعال شده است و تلاش ذهنی نمی‌تواند این سیستم را بیشتر فعال کند (۴۰).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد انجام تلاش‌های ذهنی مختلف به‌صورت هم‌زمان با فعالیت ورزشی استقامتی می‌تواند شاخص‌های خستگی را به میزان متفاوتی تغییر دهد و بسته به میزان چالش و مدت‌زمان به‌کارگیری فعالیت ذهنی، برخی شاخص‌های خستگی مشترک بین فعالیت ذهنی و جسمانی تغییر می‌کند. انجام تلاش ذهنی Stroop با فعالیت ورزشی رکاب‌زدن نسبت به تلاش ذهنی AX-CPT و PVT شاخص‌های خستگی را بیشتر افزایش می‌دهد. از منظر دیگر، این پژوهش نشان داد احتمالاً نظریه آوران‌های سه و چهار نمی‌تواند افزایش درک تلاش ناشی از خستگی ذهنی را به‌خوبی توجیه کند و در نتیجه با احتیاط و احتمال می‌توان بیان نمود نظریه‌های تخلیه شارژ و ترکیبی در تعیین میزان درک تلاش مؤیدتر هستند.

References

1. Chaudhuri A, Behan PO. Fatigue in neurological disorders. The lancet. 2004;363(9413):978-88.
2. Nozaki S, Tanaka M, Mizuno K, Ataka S, Mizuma H, Tahara T, et al. Mental and physical fatigue-related biochemical alterations. Nutrition. 2009;25(1):51-7.
3. Meeusen R, Watson P, Hasegawa H, Roelands B, Piacentini MF. Central fatigue. Sports Medicine. 2006;36(10):881-909.
4. Smith MR, Marcora SM, Coutts AJ. Mental fatigue impairs intermittent running performance. Med Sci Sports Exerc. 2015;47(8):1682-90.
5. McKenna MJ, Hargreaves M. Resolving fatigue mechanisms determining exercise performance: integrative physiology at its finest! : American Physiological Society; 2008.
6. Desmond PA, Neubauer MC, Matthews G, Hancock PA. The handbook of operator fatigue: Ashgate Publishing, Ltd.; 2012.
7. Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. Brain research reviews. 2008;59(1):125-39.
8. Pageaux B, Lepers R, Dietz KC, Marcora SM. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. European Journal of Applied Physiology. 2014;114(5):1095-105.
9. Smith MR, Chai R, Nguyen HT, Marcora SM, Coutts AJ. Comparing the effects of three cognitive tasks on indicators of mental fatigue. The Journal of psychology. 2019:1-25.
10. Marcora SM, Staiano W ,Manning V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. Journal of applied physiology. 2009;106(3):857-64.
11. Pageaux B, Marcora SM, Rozand V, Lepers R. Mental fatigue induced by prolonged self-regulation does not exacerbate central fatigue during subsequent whole-body endurance exercise. Frontiers in human neuroscience. 2015;9:67.
12. Chatain C, Radel R, Vercruyssen F, Rabahi T, Vallier JM, Bernard T, et al. Influence of cognitive load on the dynamics of neurophysiological adjustments during fatiguing exercise. Psychophysiology. 2019;56(6):e13343.
13. Marcora S, Staiano W, Merlini M. A randomized controlled trial of brain endurance training (bet) to reduce fatigue during endurance exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2015;47(5S.(
14. Parasuraman R, Warm JS, See JE. Brain systems of vigilance. 1998.
15. Kuipers H, Verstappen F, Keizer H, Geurten P, Van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. International journal of sports medicine. 1985;6(04):197-201.
16. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. Journal of experimental psychology. 1935;18(6):643.
17. Barch DM, Braver TS, Nystrom LE, Forman SD, Noll DC, Cohen JD. Dissociating working memory from task difficulty in human prefrontal cortex. Neuropsychologia. 1997;35(10):1373-80.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]

18. Klass M, Roelands B, Levenez M, Fontenelle V, Pattyn N, Meeusen R, et al. Effects of noradrenaline and dopamine on supraspinal fatigue in well-trained men. Medicine and science in sports and exercise. 2012;44(12):2299-308.
19. Borg GA. Physical performance and perceived exertion. 1962.
20. Craig AD. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. Nature reviews neuroscience. 2002;3.٦٥٥:(٨)
21. Pageaux B. Perception of effort in exercise science: definition, measurement and perspectives. European Journal of Sport Science. 2016;16(8):885-94.
22. Marcora S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. Journal of Applied Physiology. 2009;106(6):2060-2.
23. de Morree HM, Klein C, Marcora SM. Cortical substrates of the effects of caffeine and time-on-task on perception of effort. Journal of Applied Physiology. 2014;117.٢٣-١٥١٤:(١٢)
24. Poulet JF, Hedwig B. New insights into corollary discharges mediated by identified neural pathways. Trends in neurosciences. 2007;30(1):14-21.
25. Duncan MJ, Al-Nakeeb Y, Scurr J. Perceived exertion is related to muscle activity during leg extension exercise. Research in Sports Medicine. 2006;14(3):179-89.
26. De Morree HM, Klein C, Marcora SM. Perception of effort reflects central motor command during movement execution. Psychophysiology. 2012;49(9):1242-53.
27. Kjær M, Hanel B, Worm L, Perko G, Lewis SF, Sahlin K, et al. Cardiovascular and neuroendocrine responses to exercise in hypoxia during impaired neural feedback from muscle. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 1999;277(1):R76-R85.
28. Grafton ST, MAZZIOTTA JC, Woods RP, Phelps ME. Human functional anatomy of visually guided finger movements. Brain. 1992;115(2):565-87.
29. Posner MI, Rothbart MK, Sheese BE, Tang Y. The anterior cingulate gyrus and the mechanism of self-regulation. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience. 2007;7(4):391-5.
30. Parvizi J, Rangarajan V, Shirer WR, Desai N, Greicius MD. The will to persevere induced by electrical stimulation of the human cingulate gyrus. Neuron. 2013;80(6):1359-67.
31. Williamson J, McColl R, Mathews D, Mitchell J, Raven P, Morgan W. Hypnotic manipulation of effort sense during dynamic exercise: cardiovascular responses and brain activation. Journal of Applied Physiology. 2001;90(4):1392-9.
32. Martin K, Meeusen R, Thompson KG, Keegan R ,Rattray B. Mental fatigue impairs endurance performance: a physiological explanation. Sports Medicine. 2018;48(9):2041-51.
33. Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora SM. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. Medicine & science in sports & exercise. 2016;48(2):267-76.
34. Gusnard DA, Raichle ME. Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain. Nature Reviews Neuroscience. 2001;2(10):685.
35. Jonides J, Schumacher EH, Smith EE, Lauber EJ, Awh E, Minoshima S, et al. Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET. Journal of cognitive neuroscience. 1997;9(4):462-75.
36. Cohen JD, Perlstein WM, Braver TS, Nystrom LE, Noll DC, Jonides J, et al .Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. Nature. 1997;386(6625):604.
37. MacMahon C, Schücker L, Hagemann N, Strauss B. Cognitive fatigue effects on physical performance during running. Journal of Sport and Exercise Psychology.٨١-٣٧٥:(٤)٣٦;٢٠١٤ .
38. De Vente W, Olff M, Van Amsterdam J, Kamphuis J, Emmelkamp P. Physiological differences between burnout patients and healthy controls: blood pressure, heart rate, and cortisol responses. Occupational and environmental medicine. 2003٦٠;(suppl 1):i54-i61.
39. Penna EM, Filho E, Wanner SP, Campos BT, Quinan GR, Mendes TT, et al. Mental fatigue impairs physical performance in young swimmers. Pediatric exercise science. 2018;30(2):208-15.
40. Williamson J, Fadel P, Mitchell J. New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: a central command update. Experimental physiology. 2006;91(1):51-8.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.27.2.7]
[DOI: 10.61186/jsmt.22.27.15]