

Comparative Study on Effect of General Fatigue on Visual and Auditory Reaction Times

Sara Sarhadi*, Majid Kashef

Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Shahid Rajaee Teacher Training, Tehran, Iran

Article Info:

Received: 2 Nov 2016

Revised: 31 Dec 2016

Accepted: 1 Jan 2017

ABSTRACT

Introduction: Several vital body systems, such as visual and auditory systems, can be influenced by fatigue. Each system can be affected based on the complexity of its tasks and the level of involvement in information processing in the brain. The aim of this study was to evaluate the effect of fatigue on visual and auditory reaction times after an exhaustive exercise. **Materials and Methods:** 15 female students of Shahid Rajaee University participated in this study. Bruce test was used to make general fatigue. The dependent variables include visual and auditory reaction times that compared in fatigue and non-fatigue conditions. Kolmogorov-Smirnov test was used for considering data distribution and Paired t test was used for considering the differences between groups. **Results:** The results revealed a significant increase in visual and auditory reaction times in fatigue conditions. However, the data showed that fatigue has the same effect on the visual and auditory reaction times. **Conclusion:** The results showed that general fatigue influenced equally the visual and auditory systems.

Key words:

1. Fatigue
2. Reaction Time
3. Auditory Fatigue

*Corresponding Author: Sara Sarhadi

E-mail: sara.sarhaddi@gmail.com

بررسی مقایسه اثر خستگی عمومی بر زمان واکنش بینایی و شنوایی

سارا سرحدی*، مجید کاشف

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ پذیرش: ۱۲ دی ۱۳۹۵

اصلاحیه: ۱۱ دی ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۲ آبان ۱۳۹۵

چکیده

مقدمه: برخی از دستگاه‌های حیاتی بدن از جمله دستگاه بینایی و شنوایی می‌توانند تحت تأثیر خستگی قرار بگیرند. هر دستگاهی می‌تواند بر اساس پیچیدگی وظایف و مقدار درگیری آن در پردازش اطلاعات در مغز تحت تأثیر قرار گیرد. هدف از این مطالعه سنجیدن تأثیر خستگی بر زمان واکنش بینایی و شنوایی پس از ورزش کامل بود. **مواد و روش‌ها:** ۱۵ دختر دانشجو از دانشگاه شهید رجایی در این مطالعه شرکت کردند. آزمون بیشینه بروس برای ایجاد خستگی عمومی استفاده شد. متغیرهای وابسته شامل زمان واکنش بینایی و شنوایی است که در شرایط خستگی و غیرخستگی مقایسه شده‌اند. برای بررسی توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد و برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها از آزمون تی زوجی استفاده شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که افزایش معنی‌داری در زمان واکنش بینایی و شنوایی در شرایط خستگی وجود دارد. با این حال داده‌ها نشان داد که خستگی به یک میزان بر زمان واکنش بینایی و شنوایی تأثیر گذاشته است. **نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که خستگی عمومی به طور یکسان سیستم بینایی و شنوایی را تحت تأثیر قرار داده است.

کلید واژه‌ها:

۱. خستگی
۲. زمان واکنش
۳. خستگی شنوایی

* نویسنده مسئول: سارا سرحدی

آدرس الکترونیکی: sara.sarhaddi@gmail.com

مقدمه

محرك، تعداد محرك، تمرينات ورزشي، سن و جنس شركت كنندگان، انگيختگي، هوش، آسيب مغزي، تيپ شخصيتي و خستگي اشاره كرد. خستگي يك فرايند تدريجي و تجمعي است و تصور بر اين است كه با بي ميلي براي هر گونه تلاش، كاهش كارايي و هوشياري و در نهايت اختلال در عملکرد ذهني همراه است (۱۰، ۹). خستگي به عنوان يكي از عوامل محدود كننده حركتي شناخته شده و به اشكال مختلف (رواني، فيزيولوژيكي، بيوشيميائي، بيومكانيكي و غيره) حركت و مهارت را به طور مؤثر و كامل تحت تأثير خود قرار مي دهد (۱۱). افزون بر اين خستگي مي تواند به وجود آورنده بيماري هاي رواني، كندی ذهن و حركت، بي خوابي، ضعف، كاهش حافظه، افزايش ناخوشي، فراموشي، عدم تعادل و حتي درد ماهيچه اي باشد (۹).

مدل هاي زيادي براي خستگي ارائه شده است؛ مانند مدل قلبي عروقي - بي هوازي^۱، مدل توليد انرژی - تخليه انرژی^۲، مدل خستگي عصبی - عضلانی^۳، مدل خستگي آسيب عضله^۴، مدل محور مركزي (مغز)^۵، مدل پيچيده دستگاهي از خستگي^۶، مدل انگيزشي - رواني^۷ كه اين مدل ها نشان دهنده دستگاه هاي متعدد بدني است كه ممكن است تحت تأثير خستگي قرار گيرند (۱۲). بر اساس مدل محور مركز (مغز)، مجموعه اي از عوامل در بروز خستگي نقش دارند كه از اين مي توان به عوامل مركزي اشاره كرد (۱۳). خستگي مي تواند به صورت موضعي يا عمومي نيز ايجاد شود. براي ايجاد خستگي موضعي معمولاً از انقباض عضلات اطراف مفصل و براي ايجاد خستگي عمومي از فعاليت عمومي بدن مثل دويدن استفاده مي شود. در اين مي ان بسياري از دستگاه هاي مهم و حياتي بدن انسان مي توانند تحت تأثير خستگي قرار بگيرند كه سهم هر دستگاه با توجه به پيچيدگي و ظايف و مقدار درگيري بيشتر در فرايند پردازش اطلاعاتي در مغز تغيير پذير مي باشد. دستگاه بينايي و شنوايي به عنوان حياتي ترين اجزاء بازخوردی بدن انسان از اين قاعده مستثني نيستند (۱۴).

در تمامي حركت ها عكس العمل هاي مناسب كه نشان دهنده سرعت هدايت و پردازش مناسب اطلاعات عصبی مخابره شده از تمامي دستگاه هاي بدن مي باشد ضروري است. اخيراً توجه زيادي به خستگي، فرسودگي يا ناتواني در فعاليت حتي در تلاش هاي حركتي اندك و كوچك معطوف شده است (۱۴، ۱۵). اما به بررسي آن بر دستگاه هاي بينايي و شنوايي كه دو جزء بسيار مهم در غالب فعاليت هاي حركتي، كنترلي و رفتاري مي باشد كمتر پرداخته شده است. با توجه به ارتباط نزديك و راه هاي پردازشي مشابه در اين دو دستگاه مهم بدن،

زمان عكس العمل كه معرف هماهنگي دستگاه هاي عصبی - عضلانی است يك شاخص غير مستقيم از توانايي دستگاه عصبی مركزي و يك راه ساده براي تعيين ارتباط حسی - حركتي و عملکرد افراد مي باشد. زمان واكنش به عنوان يك اقدام، دليل بر يکپارچگي كلي عصبی مركزي در نظر گرفته مي شود. دستگاه عصبی بدن به پردازش اطلاعات رسیده از منابع مختلف بسته به نوع تحريك مي پردازد (۲، ۱۰). پردازش در بدن از طريق فرايندهاي مختلف فيزيكي، شيميائي و مكانيكي درك مي شود اما مهم ترين عوامل رمزگشا، محرك هاي رسیده از دو جزء مهم بينايي و شنوايي است كه از طريق مسيرهاي آوران به عنوان محرك هاي حسی به مغز مي رسند (۳). بخش عظيمي از يافته هاي عصبی - حركتي بر روي يکپارچگي چند حسی مي تواند توسط فرضيه تناسب حسی توجیه شود (۴). بر اساس اين فرضيه، حسی كه در ارتباط با حركات داده شده مناسب ترين يا معتبر ترين است، حسی است كه بر ادراك در زمينه آن حركت مسلط مي باشد. بينايي تفكيك پذيري فضايي بالاتري و شنوايي تفكيك پذيري زماني بالاتري دارد. براي مثال در هنگام يادگيري يك مهارت حركتي و بسياري از اعمال انسان، مشاهده حركت و باز توليد آن اجزاي كليدي هستند. اين پردازش ها تحت سلطه ادراك بينايي قرار دارند. اما بينايي تنها حس فراهم كننده اطلاعات براي درك اجزاي حركت نيست. از آنجا كه زمانبندي دقيق حركت در بسياري از اعمال انسان ضروري است، برتري تفكيك پذيري زماني گوش ها نسبت به چشم ها بسيار سودمند مي باشد (۴). تحقيقات جديد نشان مي دهد كه زمان واكنش ساده شنوايي داراي سريع ترين زمان واكنش نسبت به هر محرك داده شده است (۵). تحقيقات قديمي نيز گزارش مي كنند كه ميانه بين زمان واكنش به شناسايي محرك هاي بينايي حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ ميلي ثانيه و براي محرك هاي شنوايي ۱۴۰ تا ۱۶۰ ميلي ثانيه مي باشد (۶). از سوي ديگر برخي از محققين زمان واكنش به محرك هاي بصري را سريع تر از محرك هاي شنيداري عنوان مي كنند (۷، ۸). همچنين در زمينه كنترل و يادگيري حركتي، اطلاعات شنوايي براي ارتقاي عملکرد سيستم ادراكي به ويژه هماهنگي هاي زماني انسان به كار مي رود. توانايي درك انحرافات كوچك در حركت از طريق ادراك شنوايي همراه با بينايي، نسبت به بينايي به نهايي، افزايش مي يابد (۴).

در اين مي ان عوامل مختلفی بر زمان واكنش تأثيرگذار است كه از آن جمله مي توان به شدت و مدت

¹ Model cardiovascular/anaerobic

² Energy supply/energy depletion model

³ Neuromuscular model of fatigue

⁴ Muscle trauma model of fatigue

⁵ Central governor mode

⁶ Complex systems model of fatigue

⁷ Psychological/motivational model

این آزمون، ضربان قلب به طور مداوم اندازه‌گیری و از مقیاس درک فشار بزرگ برای تعیین شدت تمرینات و رسیدن به خستگی ارادی استفاده شد، این مقیاس روشی ساده و راحت برای کنترل شدت فعالیت است که بر پایه درک میزان فشار و خستگی آزمودنی طی فعالیت استوار است. این مقیاس اولین بار توسط بزرگ در سال ۱۹۶۲ ایجاد شد. آخرین نسخه از مقیاس درک فشار شامل دامنه عددی از شش تا بیست می‌باشد که فشار اعمال شده به صورت مستمر از ۶ "بدون فشار" امتداد داشته و با "حداکثر فشار" که با رتبه ۲۰ برابر است، پایان می‌یابد (۱۹-۱۷). آزمون زمان واکنش دیداری و شنوایی مطابق مطالعه Shelton و Kumar از طریق نرم‌افزار سنجش واکنش ساده انجام شد (۱۶). مطابق این برنامه برای اندازه‌گیری زمان واکنش بینایی از افراد خواسته شد انگشت خود را به صورت آماده بر روی کلید مشخصی قرار داده و بعد از پدیدار شدن رنگ زرد در صفحه نمایش کلید را فشار دهند. پس از انجام پنج کوشش، میانگین کوشش‌ها به‌عنوان زمان واکنش بینایی در نظر گرفته شد. همچنین از همین روش برای اندازه‌گیری زمان واکنش شنوایی استفاده شد با این تفاوت که از شرکت‌کننده خواسته می‌شد پس از شنیدن صدای بوق کلید را فشار بدهد.

برای بررسی طبیعی بودن متغیرها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و برای بررسی تفاوت بین مراحل از آزمون تی زوجی استفاده شد. علاوه بر این برای بررسی مقایسه بین زمان واکنش بینایی و شنوایی در شرایط غیر خستگی و همچنین در شرایط خستگی از آزمون تی مستقل استفاده شد. برای تفسیر نتایج سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری توسط کامپیوتر و نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ صورت گرفت.

یافته‌ها

مقایسه توزیع متغیرهای مطالعه با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان داد که همه متغیرها از توزیع طبیعی برخوردار هستند ($P \geq 0.05$). شرکت‌کنندگان ۱۵ دختر با دامنه سنی (21.20 ± 1.47) بودند. اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف استاندارد مربوط به هر یک از متغیرها در نمودار ۱ آورده شده است.

آزمون تی زوجی بین زمان واکنش بینایی در شرایط غیر خستگی نسبت به شرایط خستگی تفاوت معنی‌داری نشان داد ($t=3.59$, $Sig=0.003$). همچنین بین زمان واکنش شنوایی در شرایط غیر خستگی نسبت به شرایط خستگی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($t=6.372$, $Sig=0.0001$). همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود هر دو زمان واکنش بینایی و شنوایی در شرایط خستگی نسبت به شرایط غیر خستگی به طور معنی‌داری افزایش یافته است. در ارتباط با مقایسه

سؤالی که مطرح می‌شود این است که آیا تفاوتی در پردازش بینایی و شنوایی از طریق اندازه‌گیری آن‌ها طی زمان واکنش و هنگام ایجاد خستگی پس از یک فعالیت وامانده ساز عمومی وجود دارد؟ و اگر بلی کدام دارای اثر خستگی بزرگ‌تری می‌باشد؟

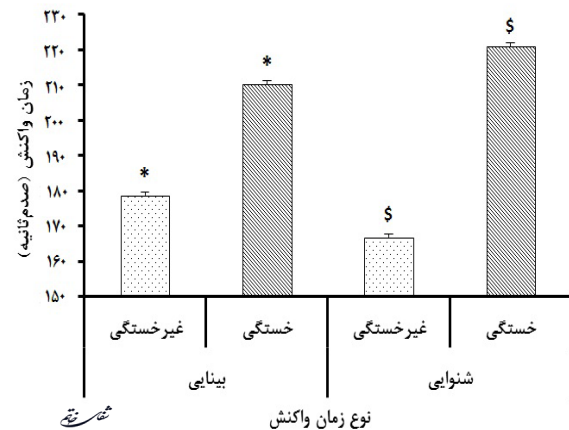
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری این مطالعه، شامل دختران دانشجو دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران بود که از میان آن‌ها ۱۵ نفر شرکت‌کنندگان این تحقیق را تشکیل دادند. تعداد افراد بر اساس میانگین و انحراف معیار مربوط به تحقیق مشابه (۱۶) ۱۵ نفر در نظر گرفته شد. انتخاب این افراد با روش نمونه‌گیری در دسترس صورت گرفت. در این مطالعه هدف اصلی نویسندگان بررسی زمان واکنش سیستم‌های بینایی و شنوایی و تفاوت آن‌ها در شرایط خستگی بود. نتایج متفاوتی در زمان واکنش مردان و زنان ارائه شده است. همچنین تأیید شده است که زمان واکنش با بالا رفتن سن افراد افزایش می‌یابد بنابراین و به جهت مهم بودن این امر سعی شد تا از مداخله سایر عوامل که می‌توانستند بر این هدف تأثیر بگذارند جلوگیری به عمل آید و یا تا حد امکان کنترل شوند، لذا مطالعه حاضر بر روی دختران اجرا شد. شرایط ورود عبارت بودند از: عدم وجود سابقه هر نوع جراحی، شکستگی یا بیماری در اندام فوقانی و تحتانی، سابقه بیماری عصبی-عضلانی، هرگونه مشکلات بینایی و شنوایی، مصرف داروهای آرام‌بخش، اعتیاد به مواد مخدر، سابقه بیماری، بیماری‌های نورولوژیک و بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی. همچنین شرکت‌کنندگان مورد مطالعه باید از ۷۲ ساعت قبل از آزمون از انجام فعالیت‌های سنگین خودداری می‌نمودند. در هر یک از مراحل آزمون اگر افراد به هر دلیل تمایلی به ادامه همکاری نداشتند از نمونه‌های مورد بررسی حذف می‌شدند. پس از اطمینان از سلامت و رضایت شرکت‌کنندگان، قد و وزن افراد اندازه‌گیری و سن نیز بر اساس اطلاعات شناسنامه‌ای درج شد. جهت آشنایی و هماهنگی، جلسه تمرینی آزمایشی برگزار شد و شرکت‌کنندگان با نحوه اجرا و کار با دستگاه آشنا شدند. برای ایجاد خستگی عمومی از آزمون بیشینه بروس استفاده شد. آزمون بیشینه بروس بر روی تردمیل، حداکثر دارای ۷ مرحله (مدت هر مرحله، ۳ دقیقه) می‌باشد. افزایش شدت فعالیت از یک مرحله به مرحله بعدی، با افزایش سرعت و شیب همراه است. نخستین مرحله با سرعت ۱/۷ مایل در ساعت و شیب ۱۰ درصد آغاز، سپس سرعت و شیب دستگاه با یک نسبت ثابت در هر مرحله افزایش می‌یابد. در اجرای این آزمون، شرکت‌کنندگان تا حد واماندگی به فعالیت خود ادامه داده و سپس فعالیت متوقف می‌شود (۱۷، ۱۸). در طی

مشخص شد که ۵۷ درصد آن‌ها به علت خستگی روی داده است. همچنین دیده شده خستگی مفرط کارکنان در بسیاری موارد موجب کاهش کمیت و کیفیت تولید می‌شود (۹).

نوربخش و همکاران خستگی را به‌عنوان کاسته شدن از ظرفیت تولید نیرو بدون توجه به عمل انجام شده تعریف کرده‌اند و از آن به‌عنوان پدیده‌ای که همچنان ابعاد و اثراتش به طور کامل ناشناخته است نام برده‌اند (۱۸). خیام باشی و همکاران گزارش می‌دهند که خستگی می‌تواند اطلاعات رسیده از منابع حسی به مغز را مختل کند و تعادل را از بین ببرد که از دلایل اصلی آن کاهش سرعت انتقال پیام‌های آوران و کندی ارسال پیام‌های وایران به سیستم عصبی - اسکلتی می‌شود و بر توانایی حرکات اثر منفی می‌گذارد. کنترل وضعیت بدن هنگام ایجاد خستگی عضلانی نقش مهمی در جلوگیری از آسیب‌های عضلانی - اسکلتی در فعالیت‌های روزانه و به‌ویژه در اقشار مختلف جامعه از جمله سالمندان و عملکرد ورزشکاران دارد (۲۲). در طول شبانه روز اکثر فعالیت‌های بصری، به طور تقریبی راهی برای ایجاد خستگی چشمی هستند (۲۱). علاوه بر این وابستگی به بینایی به معنای تأکید و اطمینان زیاد بر پیام‌های بینایی است. در مورد نقش اطلاعات بینایی بر تغییر نوسان حاصل از خستگی نیز تحقیقاتی انجام شده که در آن‌ها نقش بینایی را در شرایطی که بدن خسته شده سنجیده‌اند. هنگام خستگی توانایی تولید پیام‌های خروجی مورد نیاز در سطح عملکرد اکثر سیستم‌های بدن مختل شده و می‌تواند بر روی عملکرد آن‌ها تأثیر بگذارد (۲۳). همچنین در زمینه کنترل و یادگیری حرکتی، اطلاعات شنوایی برای ارتقای عملکرد سیستم ادراکی به‌ویژه هماهنگی‌های زمانی انسان به کار می‌رود. توانایی درک انحرافات کوچک در حرکت از طریق ادراک شنوایی همراه با بینایی، نسبت به بینایی به تنهایی، افزایش می‌یابد. پژوهش‌های اخیر نشان داد که استفاده از صداها برای حرکت برای بیان ساز و کارهای ادراک زیستی حرکت امکان‌پذیر است و شرکت‌کنندگان را قادر می‌سازد تا کیفیت و کمیت ویژگی‌های حرکات درشت بدن را ارزیابی کنند (۴).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که خستگی بر زمان واکنش بینایی و شنوایی تأثیر می‌گذارد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با ایجاد خستگی زمان واکنش بینایی و شنوایی نسبت به شرایط غیر خستگی افزایش می‌یابد. Neely و van den Berg نشان دادند با کاهش خواب و افزایش احساس خستگی میزان زمان واکنش ساده افزایش می‌یابد (۲۴). در ارتباط با تأثیر خستگی روی زمان واکنش ساده نتایج تحقیق Ozdemir و همکاران نیز نشان داد که خستگی باعث افزایش زمان واکنش ساده بینایی می‌شود. آن‌ها علل افزایش زمان واکنش را به مکانیسم‌های فیزیولوژی



نمودار ۱- میانگین و انحراف استاندارد زمان واکنش بینایی و شنوایی در شرایط غیر خستگی و خستگی.

زمان واکنش بینایی با شنوایی آزمونی مستقل بین زمان واکنش بینایی و شنوایی در شرایط غیر خستگی ($t=2/12$, $Sig=0/055$) و همچنین شرایط خستگی ($t=0/744$, $Sig=0/463$) تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

بحث و نتیجه‌گیری

زمان واکنش ساده زمان سپری شده بین ارائه یک محرک حسی و پاسخ رفتاری پس از آن است (۱۶) که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در تأیید سلامت و کارایی دستگاه عصبی - عضلانی مورد تأکید قرار گرفته است (۲۰). زمان واکنش به‌شدت تحت تأثیر عواملی مانند نوع و شدت محرک و دیگر عوامل شناخته شده مانند انگیختگی سن، جنسیت، الکل، ورزش و خستگی قرار می‌گیرد (۱).

امروزه در بسیاری از محیط‌های شغلی نظیر صنایع هسته‌ای، نظامی و شیمیایی بروز یک خطای انسانی می‌تواند به یک فاجعه تبدیل شود. خطای انسانی به شکل قصور در درک موقعیت، تفسیر اطلاعات داده شده، تصمیم‌گیری، بازخوانی اطلاعات دریافت شده یا عدم انجام واکنش مناسب بیان می‌شود. بدیهی است وضعیت جسمانی و روانی فرد، همچون خستگی و بی‌توجهی ناشی از آن بر انجام این فرایندها مؤثر بوده است و از پاسخ فرد در زمان و مکان مناسب می‌کاهد. خستگی می‌تواند حوزه توجه و تمرکز انسان را از طریق مختل کردن برخی از سیستم‌های بدن از جمله بینایی و شنوایی، محدودتر از حالت عادی نماید (۲۱). همچنین خستگی عاملی کلیدی در بسیاری از تصادفات رانندگی و به‌عنوان مشکل اساسی در خطرات کاری افراد شناخته شده است. قرار دادن افراد در شرایط شبیه‌سازی شده از نظر خستگی نشان داد که خستگی، زمان واکنش، هوشیاری، خلق و خوی، عملکرد فیزیولوژی و روانی افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۱). در مطالعه‌ای که انجمن ایمنی آمریکا روی ۱۰۷ تصادف جاده‌ای انجام داد،

مختلف نسبت می‌دهند (۲۳).

از زمان واکنش بینایی خواهد بود (۲۷). بر اساس یک دسته‌بندی، زمان واکنش شامل دو مرحله است: مرحله پیش حرکتی و مرحله حرکتی. مرحله حرکتی تحت تأثیر سن، جنس و وزن عضوی که باید حرکت کند، قرار می‌گیرد. همچنین زمان پیش حرکتی شامل سه قسمت است: شناسایی محرک، گزینش پاسخ و برنامه‌ریزی پاسخ. عوامل اثرگذار بر مرحله شناسایی محرک، وضوح و روشنی محرک، شدت محرک، تضاد بین زمینه و محرک، الگوهای حرکتی، بلندی صدا و احساس لمس است و عوامل اثرگذار بر مرحله گزینش پاسخ، عدم اطمینان و پیش‌بینی موقعیت بازی، تعداد شیوه‌های پاسخ و سازگاری بین محرک و پاسخ است و پیچیدگی روش و سطح دقت در مرحله برنامه‌ریزی پاسخ تأثیرگذارند (۱۰).

نویسندگان مقاله حاضر دلیل عدم تفاوت بین زمان خستگی بینایی و شنوایی را، تفاوت در زمان واکنش بین محرک بینایی و شنوایی و نیز به ساده یا پیچیده بودن پاسخ حرکتی مربوط می‌دانند. شادمهر و همکاران نیز عنوان می‌کنند که نوع پاسخ یعنی زمان واکنش ساده یا انتخابی و به دنبال آن نوع آزمون می‌تواند در نتیجه عمل تأثیر بگذارد. Verma و همکاران عدم تفاوت در زمان واکنش را به دلایل مختلفی از جمله نوع تمرین انجام شده توسط افراد (قدرتی، سرعتی، استقامتی)، زمان اندازه‌گیری (پس از تمرین، حین تمرین) و نیز حساسیت دستگاه مربوط می‌دانند (۲). همچنین شاید بتوان از ویژگی‌های محرک، ویژگی‌های پاسخ و ویژگی‌های آزمودنی به‌عنوان سایر عوامل عدم تفاوت خستگی در دستگاه بینایی و شنوایی یاد کرد. از ویژگی‌های محرک می‌توان به‌شدت، دامنه و مدت اشاره کرد. ویژگی‌های پاسخ شامل متغیرهایی است که به نوع پاسخ مورد نیاز مربوط می‌شوند مانند ساده، انتخابی یا تمایزی بودن و پیچیدگی و زمان حرکت آن. دسته سوم، متغیرهای اثرگذار بر زمان واکنش است که گسترده‌تر و پیچیده‌ترند، ویژگی‌هایی هستند که به آزمودنی مربوط می‌شوند. بیشتر متغیرهای اثرگذار مربوط به محیط را می‌توان در دسته ویژگی‌های آزمودنی جای داد. زمان واکنش نیز می‌تواند تحت تأثیر وراثت قرار گیرد (بیشتر زمان واکنش ساده)، اما تحقیقات نشان می‌دهد که عوامل درونی (هوش، نوع شخصیت، اضطراب، انگیزتگی و...) و محیطی (زمان پیش دوره، تمرین و خستگی) در زمان واکنش به‌ویژه زمان واکنش انتخابی بیشتر مؤثر خواهد بود که به نوعی می‌تواند باعث عدم تأثیر خستگی بر دستگاه‌های بینایی و شنوایی شود (۲۸).

به نظر می‌رسد با توجه به نتایج تحقیق مذکور خستگی عامل اثرگذاری بر زمان واکنش بینایی و شنوایی می‌باشد و همچنین تفاوتی در زمان‌های

به طور خاص و از نقطه نظر بیوشیمیایی القاء خستگی عمومی با توجه به نوع تمرینات بالاخص تمرینات سنگین نشان می‌دهد که مکانیسم‌های داخل عضلانی در زمان فعالیت تا سرحد خستگی باعث کاهش در میزان استیل کولین، پتاسیم، آدنوزین تری فسفات، سطوح فسفوکرآتین و افزایش در سطح لاکتات می‌شود که ممکن است این عوامل منشأ طولانی‌تر شدن روند پردازش زمان واکنش در بخش حرکتی دستگاه عصبی مرکزی شوند (۲۴، ۲۳). برای مثال خستگی چشمی دارای علایمی همچون سردرد، بی‌زاری از کار و دردهای چشمی و... می‌باشد (۹). عملکرد قشر حرکتی مبتنی بر پردازش اطلاعات پیش‌خوراندی^۸ برای شروع برنامه حرکتی در اجرای هماهنگ حرکت می‌باشد. سپس مکانیسم‌های بازخوردی پاسخ‌های رفلکسی را برای وقایع غیر منتظره بعدی فراهم می‌کنند. همه این فرایندهای کنترل حرکتی به وسیله قشر حرکتی طراحی و تنظیم می‌شود (۲۴).

تمرینات شدید و طولانی‌مدت با کاهش جریان خون مغزی باعث خستگی مرکزی شده که به دنبال آن جزء شناختی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۵) بنابراین منابع شناختی و انگیزتگی عصب‌شناسی و عملکردی مغز تحت تأثیر قرار می‌گیرد و باعث نقص در هماهنگی بین سطوح مختلف پردازش اطلاعات (قشر مغز، تحت قشری، حس پیکری) و کنترل حرکتی می‌شود (۲۴) همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که خستگی به یک میزان بر روی زمان واکنش بینایی و شنوایی تأثیر گذاشته و در این میان تفاوتی در میزان تغییرات زمان واکنش بینایی و شنوایی نمی‌توان قائل شد.

در توضیح مقایسه اثر خستگی بر میزان زمان واکنش بینایی و شنوایی، Pain, Kumar و Shelton عنوان می‌کنند که زمان واکنش شنوایی سریع‌تر از زمان واکنش بینایی می‌باشد (۱۶، ۵)، زیرا که لازمه دست یافتن به بسیاری از مهارت‌های پیچیده زبانی، بهره‌مندی از توان شنیداری مناسب است (۲۶). مسیر طی شده برای زمان واکنش وابسته به عوامل مختلف مانند درک محرک توسط اندام حسی، تبدیل محرک توسط اندام حسی به سیگنال عصبی، انتقال عصبی و روند پردازش، فعال کردن و انطباق عضلاتی و انتخاب یک پارامتر حرکتی مناسب، متفاوت می‌باشد (۵). تحقیق Kemp نشان می‌دهد که زمان رسیدن یک محرک شنوایی به مغز تنها ۱۰-۸ میلی‌ثانیه می‌باشد، اما این زمان برای یک محرک بصری ۴۰-۲۰ میلی‌ثانیه طول می‌کشد به این معنی که هرچه محرکی سریع‌تر به قشر حرکتی مغز می‌رسد باعث پاسخ سریع‌تر نیز می‌شود. بنابراین از آنجا که محرک‌های شنوایی سریع‌تر از محرک‌های بینایی به مغز می‌رسد، زمان واکنش شنوایی سریع‌تر

⁸ Feed forward

با توجه به جنسیت، نوع و شدت تمرینات و تعداد آزمودنی‌های بیشتر انجام داد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات جناب آقای دکتر مصطفی تیموری خروی و سرکار خانم مژده کاتوزیان و نیز تمامی شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر که با سعه صدر مراحل تحقیق را به پایان رساندند تشکر می‌نمایم.

واکنش بینایی و شنوایی نسبت به هم وجود ندارد لذا می‌توان بیان داشت که باید نسبت به خستگی و اثرات مخرب آن بر زمان واکنش آگاهی داشت و تدابیر مورد نیاز و مناسب در این زمینه به کار گرفته شود علاوه بر این با توجه به نتایج می‌توان خاطر نشان کرد که بین زمان واکنش بینایی و شنوایی از نظر تأثیرگذاری خستگی تفاوتی وجود ندارد. اگرچه جهت اثبات کامل این ادعا باید مطالعه‌های متعددی

منابع

- Garg M, Lata H, Walia L, Goyal O. Effect of aerobic exercise on auditory and visual reaction times: a prospective study. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2013; 57(2): 138-45.
- Verma SK, Mishra A, Singh A. Effect of long term physical exercise training on auditory and visual reaction time. *Indian J Physiother Occup Ther*. 2011; 5(3): 126-9.
- Gavkare AM, Nanaware NL, Surdi AD. Auditory reaction time, visual reaction time and whole body reaction time in athletes. *Ind Med Gaz*. 2013; 147(6): 214-9.
- Ramezanzade H, Abdoli B, Farsi A, Sanjari MA. The effect of audiovisual integration on performance accuracy and learning in motor task. *J Res Rehab Sci*. 2015; 11(1): 1-16.
- Pain MT, Hibbs A. Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *J Sport Sci*. 2007; 25(1): 79-86.
- Thompson P, Colebatch J, Brown P, Rothwell J, Day B, Obeso J, et al. Voluntary stimulus-sensitive jerks and jumps mimicking myoclonus or pathological startle syndromes. *Movement Disorders*. 1992; 7(3): 257-62.
- Yagi Y, Coburn KL, Estes KM, Arruda JE. Effects of aerobic exercise and gender on visual and auditory P300, reaction time, and accuracy. *Eur J Appl Physiol Occup Phys*. 1999; 80(5): 402-8.
- Verleger R. On the utility of P3 latency as an index of mental chronometry. *Psychophysiology*. 1997; 34(2): 131-56.
- Arghami S, Ghoreishi A, Kamali K, Farhadi M. Investigating the consistency of mental fatigue measurements by visual analog scale (vas) and flicker fusion apparatus. *Journal of Ergonomics*. 2013; 1(1): 66-72.
- Khajoei Ravari E, Farokhi A, Abas Gholi Pour A, Karshenas Najaf Abadi N, Soheilipour S. The effect of environmental color on simple reaction time to auditory stimulus. *JMLD*. 2013; 5(3): 27-40.
- Fox EL, Bowers RW, Foss ML. The physiological basis of physical education and athletics. 4th. William C Brown Pub. 1989. p. 752.
- Abdoli B, Farsi A, Tymuri M. The effect of mental practice and physical practice in fatigue and non-fatigue condition on the generalized motor program and parameter learning. *J Sport Manage*. 2014; 10(19): 25-38.
- Ahmadi M, Akbari M, Dadgoo M, Talebian S, Pahnabi GR. The effect of lumbar muscle fatigue on postural control in Athlete and non-Athlete subjects. *Modern Rehabilitation*. 2015; 9(2): 8-15.
- Latash ML. Neurophysiological basis of movement. 2nd. Human Kinetics. 2008. p. 427.
- Jason LA, Corradi K, Torres-Harding S, Taylor RR, King C. Chronic fatigue syndrome: the need for subtypes. *Neuropsychol Rev*. 2005; 15(1): 29-58.
- Shelton J, Kumar GP. Comparison between auditory and visual simple reaction times. *Neuroscience and Medicine*. 2010; 1(1): 30-2.
- Saghebjo M, Dadi Khaliran Z, Afzalpour ME, Hedayati M, Yaghoubi A. Comparison of some prognostic markers of cardiovascular diseases to morning and evening Bruce treadmill test in women. *J Birjand Univ Med Sci*. 2013; 20(3): 252-61.
- Nourbakhsh P, Sepasi H, Rezaee S. The effect of three different types of fatigue protocols on dynamic balance in female athlete students. *Sport Sciences Quarterly*. 2011; 2(6): 133-48.
- Tofighi A, Saedmocheshi S. C-reactive protein and lactate response to consumption of sodium bicarbonate supplementation and exhaustive in young active. *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences*. 2013; 17(2): 97-102.
- Magill RA. Motor learning and control. Concepts and applications. 2004. p. 7.
- Habibi E, Pourabdian S, Rajabi H, Dehghan H,

Maracy MR. Development and validation of a visual fatigue questionnaire for video display terminal users. HSR. 2011; 7(4): 492-503.

22. Khayambashi KH, Raziqi M, Abolqasm nzhad A, Mojtahedi H. The effect of quadriceps muscle fatigue on dynamic balance while walking. Sports Medicine. 2010; 5: 35-49.

23. Ozdemir RA, Kirazci S, Uğraş A. Simple reaction time and decision making performance after different physical workloads: an examination with elite athletes. Journal of Human Sciences. 2010; 7(2): 655-70.

24. Van Den Berg J, Neely G. Performance on a simple reaction time task while sleep deprived 1, 2. Perceptual and Motor Skills. 2006; 102(2): 589-99.

25. Ozyemisci-Taskiran O, Gunendi Z, Bolukbasi N,

Beyazova M. The effect of a single session submaximal aerobic exercise on premotor fraction of reaction time: an electromyographic study. Clinical Biomechanics. 2008; 23(2): 231-5.

26. Riyasi M, Sadat Daştgheib S. Utilization of basic concepts to accelerate language acquisition in children after cochlear Implantation. Shefaye Khatam. 2013; 3: 49-53.

27. Kemp BJ. Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off conditions. Developmental Psychology. 1973; 8(2): 268-72.

28. Shahbazi M, Pashabad A, Parizi HA. Relationship between state and trait anxiety, reaction time and IQ in elite, sub-elite athletes and non-athletes. Journal of Development and Motor Learning (Harakat). 2012; 3(2): 65-80.