

## 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<sup>\*</sup>، مجید کاشف

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

## اطلاعات مقاله:

اصلاحیه: ۱۱ دی ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۲ آبان ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش: ۱۲ دی 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 زوچی استفاده شد. **نتایج:** 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 ورزشی، سن و جنس شرکت‌کنندگان، انگیختگی، هوش، آسیب مغزی، تیپ شخصیتی و خستگی اشاره کرد. خستگی یک فرایند تدریجی و تجمعی است و تصور بر این است که با بی‌میلی برای هر گونه تلاش، کاهش کارایی و هوشیاری در نهایت اختلال در عملکرد ذهنی همراه است (۹، ۱۰). خستگی به عنوان یکی از عوامل محدود کننده حرکتی شناخته شده و به اشکال مختلف (روانی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی، بیومکانیکی و غیره) حرکت و مهارت را به طور مؤثر و کامل تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (۱۱). افزون بر این خستگی می‌تواند به وجود آورنده بیماری‌های روانی، کندی ذهن و حرکت، بی‌خوابی، ضعف، کاهش حافظه، افزایش ناخوشی، فراموشی، عدم تعادل و حتی درد ماهیچه‌ای باشد (۹).

مدل‌های زیادی برای خستگی ارائه شده است؛ مانند مدل قلبی عروقی-بی‌هوایی<sup>۱</sup>، مدل تولید انرژی-تخليه انرژی<sup>۲</sup>، مدل خستگی عصبی-عضلانی<sup>۳</sup>، مدل خستگی آسیب عضله<sup>۴</sup>، مدل محور مرکزی (مغز)<sup>۵</sup>، مدل پیچیده دستگاهی از خستگی<sup>۶</sup>، مدل انگیزشی-روانی<sup>۷</sup> که این مدل‌ها نشان‌دهنده دستگاه‌های متعدد بدنی است که ممکن است تحت تأثیر خستگی قرار گیرند (۱۲). بر اساس مدل محور مرکزی (مغز)، مجموعه‌ای از عوامل در بروز خستگی نقش دارند که از این میان می‌توان به عوامل مرکزی اشاره کرد (۱۳). خستگی می‌تواند به صورت موضعی یا عمومی نیز ایجاد شود. برای ایجاد خستگی موضعی معمولاً از انقباض عضلات اطراف مفصل و برای ایجاد خستگی عمومی از فعالیت عمومی بدن مثل دویدن استفاده می‌شود. در این میان بسیاری از دستگاه‌های مهم و حیاتی بدن انسان می‌توانند تحت تأثیر خستگی قرار بگیرند که سهم هر دستگاه با توجه به پیچیدگی وظایف و مقدار درگیری بیشتر در فرایند پردازش اطلاعاتی در مغز تغییر پذیر می‌باشد. دستگاه بینایی و شنوایی به عنوان حیاتی ترین اجزاء بازخوردی بدن انسان از این قاعده مستثنی نیستند (۱۴).

در تمامی حرکتها عکس‌العمل‌های مناسب که نشان‌دهنده سرعت هدایت و پردازش مناسب اطلاعات عصبی مخبره شده از تمامی دستگاه‌های بدن می‌باشد ضروری است. اخیراً توجه زیادی به خستگی، فرسودگی یا ناتوانی در فعالیت حتی در تلاش‌های حرکتی اندک و کوچک معطوف شده است (۱۴، ۱۵). اما به بررسی آن بر دستگاه‌های بینایی و شنوایی که دو جزء بسیار مهم در غالب فعالیت‌های حرکتی، کنترلی و رفتاری می‌باشد کمتر پرداخته شده است. با توجه به ارتباط نزدیک و راه‌های پردازشی مشابه در این دو دستگاه مهم بدن،

زمان عکس‌العمل که معرف هماهنگی دستگاه‌های عصبی-عضلانی است یک شاخص غیر مستقیم از توانایی دستگاه عصبی مرکزی و یک راه ساده برای تعیین ارتباط حسی-حرکتی و عملکرد افراد می‌باشد. زمان واکنش به عنوان یک اقدام، دلیل بر یکپارچگی کلی عصبی مرکزی در نظر گرفته می‌شود. دستگاه عصبی بدن به نوع تحریک می‌پردازد (۱، ۲). پردازش در بدن از طریق فرایندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی درک می‌شود اما مهم‌ترین عوامل رمزگشا، حرکت‌های رسیده از دو جزء مهم بینایی و شنوایی است که از طریق مسیرهای آوران به عنوان حرکت‌های حسی به مغز می‌رسند (۳). بخش عظیمی از یافته‌های عصبی-حرکتی بر روی یکپارچگی چند حسی می‌تواند توسط فرضیه تناسب حسی توجیه شود (۴). بر اساس این فرضیه، حسی که در ارتباط با حرکات داده شده مناسب‌ترین یا معتبرترین است، حسی است که بر ادراک در زمینه آن حرکت مسلط می‌باشد. بینایی تفکیک‌پذیری فضایی بالاتری و شنوایی تفکیک‌پذیری زمانی بالاتری دارد. برای مثال در هنگام یادگیری یک مهارت حرکتی و بسیاری از اعمال انسان، مشاهده حرکت و باز تولید آن اجزای کلیدی هستند. این پردازش‌ها تحت سلطه ادراک بینایی قرار دارند. اما بینایی تنها حس فراهم کننده اطلاعات برای درک اجرای حرکت نیست. از آنجا که زمانبندی دقیق حرکت در بسیاری از اعمال انسان ضروری است، برتری تفکیک‌پذیری زمانی گوش‌ها نسبت به چشم‌ها بسیار سودمند می‌باشد (۴). تحقیقات جدید نشان می‌دهد که زمان واکنش ساده شنوایی دارای سریع‌ترین زمان واکنش نسبت به هر حرکت داده شده است (۵). تحقیقات قدیمی نیز گزارش می‌کنند که میانگین زمان واکنش به شناسایی حرکت‌های بینایی حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلی ثانیه و برای حرکت‌های شنوایی حدود ۱۴۰ تا ۱۶۰ میلی ثانیه می‌باشد (۶). از سوی دیگر برخی از محققین زمان واکنش به حرکت‌های بصری را سریع‌تر از حرکت‌های شنیداری عنوان می‌کنند (۷، ۸). همچنین در زمینه کنترل و یادگیری حرکتی، اطلاعات شنوایی برای ارتقای عملکرد سیستم ادراکی به ویژه 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 (۴).

در این میان عوامل مختلفی بر زمان واکنش تأثیرگذار است که از آن جمله می‌توان به شدت و مدت

<sup>۱</sup> Model cardiovascular/anaerobic

<sup>۲</sup> Energy supply/energy depletion model

<sup>۳</sup> Neuromuscular model of fatigue

<sup>۴</sup> Muscle trauma model of fatigue

این آزمون، ضربان قلب به طور مداوم اندازه‌گیری و از مقیاس درک فشار بورگ 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 بورگ 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 (۱۷-۱۹). آزمون زمان واکنش دیداری و شناوی مطابق مطالعه Kumar و Shelton 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 پیدیدار شدن رنگ زرد در صفحه نمایش کلید را فشار دهند. پس از انجام پنج کوشش، میانگین کوشش‌ها به عنوان زمان واکنش بینایی در نظر گرفته شد. همچنین از همین روش برای اندازه‌گیری زمان واکنش شناوی 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-اسمیرنف و برای بررسی تفاوت بین مراحل از آزمون تی زوجی استفاده شد. علاوه بر این برای بررسی مقایسه بین زمان واکنش بینایی و شناوی در شرایط غیر خستگی و همچنین در شرایط خستگی از آزمون تی مستقل استفاده شد. برای تفسیر نتایج سطح معنی داری کمتر از  $0.05$  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-اسمیرنف نشان داد که همه متغیرها از توزیع طبیعی برخوردار هستند ( $P > 0.05$ ). شرکت‌کنندگان ۱۵ دختر با دامنه سنی ( $21/20 \pm 1/47$ ) 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 معنی داری نشان داد ( $t = 3/59$ ,  $Sig = 0.003$ ). همچنین بین زمان واکنش شناوی در شرایط غیر خستگی نسبت به شرایط خستگی نیز تفاوت معنی داری مشاهده شد ( $t = 6/372$ ,  $Sig = 0.0001$ ). همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود هر دو زمان واکنش بینایی و شناوی در شرایط خستگی نسبت به شرایط غیر خستگی به طور معنی داری افزایش یافته است. در ارتباط با مقایسه

سؤالی که مطرح می‌شود این است که آیا تفاوتی در پردازش بینایی و شناوی 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؟

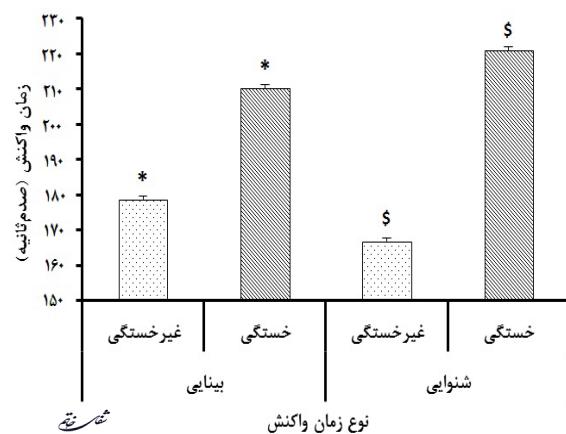
#### مواد و روش‌ها

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 نویسنده‌گان بررسی زمان واکنش سیستم‌های بینایی و شناوی و تفاوت آن‌ها در شرایط خستگی بود. نتایج متفاوتی در زمان واکنش مردان و زنان ارائه شده است. همچنین تائید شده است که زمان واکنش با بالا رفتن سن افراد افزایش می‌یابد بنابراین و به جهت مهم بودن این امر سعی شد تا از مداخله‌سایر 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 شناوی، مصرف داروهای آرام بخش، اعتیاد به مواد مخدر، سابقه بیماری، بیماری‌های نوروولژیک 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 نداشتهند از نمونه‌های مورد بررسی حذف می‌شوند. 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 بروز ایجاد شد. آزمون بیشینه بروز بر روی ترمیل، حداکثر دارای ۷ مرحله (مدت هر مرحله، ۳ دقیقه) می‌باشد. افزایش شدت فعالیت از یک مرحله به مرحله بعدی، با افزایش سرعت و شبیه همراه است. نخستین مرحله با سرعت  $1/7$  مایل در ساعت و شبیه  $10$  درصد آغاز، سپس سرعت و شبیه 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).

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 به عنوان کاسته شدن از ظرفیت تولید نیرو بدون توجه به عمل انجام شده تعریف کرده‌اند و از آن به عنوان 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 وابران 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 سالم‌مندان و عملکرد ورزشکاران دارد (۲۲). در طول شباهن 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 سنجدیده‌اند. هنگام خستگی بینایی 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 ادرارکی بهویژه هماهنگی‌های زمانی انسان به کار می‌رود. توانایی درک انحرافات کوچک در حرکت از طریق ادرارک شنوایی همراه با بینایی، نسبت به بینایی به تنها‌یی، افزایش می‌یابد. پژوهش‌های اخیر نشان داد که استفاده از صدای حرکت برای بیان ساز و کارهای ادرارک 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. Berg van den Neely و van den Berg (۲۴) زمان دادند با کاهش خواب و افزایش احساس خستگی میزان افزایش زمان واکنش ساده افزایش می‌یابد. 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 آزمون تی مستقل بین زمان واکنش بینایی و شنوایی در شرایط غیر خستگی کارایی دستگاه عصبی - عضلانی مورد تأکید قرار گرفته است (۲۰). زمان واکنش بهشدت تحت تأثیر عواملی مانند نوع و شدت حرکت و دیگر عوامل شناخته شده مانند انگیختگی سن، جنسیت، الکل، ورزش و خستگی قرار می‌گیرد (۱).

### بحث و نتیجه‌گیری

زمان واکنش ساده زمان سپری شده بین ارائه‌یک محرك حسی و پاسخ رفتاری پس از آن است (۱۶) که به عنوان 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 حرکت 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 بی توجهی 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 به عنوان 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 خوبی، عملکرد فیزیولوژی و روانی افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۱). در مطالعه‌ای که انجمن ایمنی آمریکا روی ۱۰۷ تصادف جاده‌ای انجام داد،

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 قسم است: شناسایی محرک، گرینش 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 دقیقت در مرحله برنامه‌ریزی پاسخ تأثیرگذارند (۱۰).

نویسندها 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 به عنوان سایر عوامل عدم تفاوت خستگی در دستگاه بینایی و شنوایی یاد کرد. از ویژگی‌های محرک می‌توان به شدت، دامنه و مدت اشاره کرد. ویژگی‌های پاسخ شامل متغیرهایی است که به نوع پاسخ مورد نیاز مربوط می‌شوند مانند ساده، انتخابی یا تمايزی 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، انگیختگی...) و محیطی (زمان پیش دوره، تمرین و خستگی) در زمان واکنش به ویژه 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

مختلف نسبت می‌دهند (۲۳).

به طور خاص و از نقطه نظر بیوشیمیابی 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 فسفوکراتین و افزایش در سطح لاكتات می‌شود که ممکن است این عوامل منشأ طولانی تر شدن روند پردازش زمان واکنش در بخش حرکتی دستگاه عصبی مرکزی شوند (۲۳، ۲۴). برای مثال خستگی چشمی دارای عالی‌می همچون سردرد، بیزاری از کار و دردهای چشمی و... می‌باشد (۹). عملکرد قشر حرکتی مبتتنی بر پردازش اطلاعات پیش‌خوانندی<sup>۸</sup> برای شروع برنامه حرکتی در اجرای هماهنگ حرکت می‌باشد. سپس مکانیسم‌های بازخوردی پاسخ‌های رفلکسی را برای وقایع غیرمنتظره بعدی فراهم می‌کنند. همه این فرایندهای کنترل حرکتی به وسیله قشر حرکتی طراحی و تنظیم می‌شود (۲۴).

تمرینات شدید و طولانی مدت 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 انگیختگی 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، Kumar و Hibbs<sup>۹</sup> عنوان می‌کنند که زمان واکنش شنوایی سریع‌تر از زمان واکنش بینایی می‌باشد (۱۶)، 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 انتباط عضلاتی و انتخاب یک پارامتر حرکتی مناسب، متفاوت می‌باشد (۵). تحقیق Kemp نشان می‌دهد که زمان رسیدن یک محرک شنوایی به مغز تنها ۸-۱۰ میلی ثانیه می‌باشد، اما این زمان برای یک محرک بصری ۲۰-۴۰ میلی ثانیه 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

<sup>8</sup> Feed forward

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

### تشکر و قدردانی

بدين 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 تدبیر 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

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Pain MT, Hibbs A. Sprint starts and the minimum auditory reaction time. J Sport Sci. 2007; 25(1): 79-86.
6. 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.
7. 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.
8. Verleger R. On the utility of P3 latency as an index of mental chronometry. Psychophysiology. 1997; 34(2): 131-56.
9. 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.
10. 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.
11. Fox EL, Bowers RW, Foss ML. The physiological basis of physical education and athletics. 4<sup>th</sup>. William C Brown Pub. 1989. p. 752.
12. 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.
13. 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.
14. Latash ML. Neurophysiological basis of movement. 2<sup>nd</sup>. Human Kinetics. 2008. p. 427.
15. 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.
16. Shelton J, Kumar GP. Comparison between auditory and visual simple reaction times. Neuroscience and Medicine. 2010; 1(1): 30-2.
17. Saghebjoo 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.
18. 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.
19. 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.
20. Magill RA. Motor learning and control. Concepts and applications. 2004. p. 7.
21. 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, Mojtabaei 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 Daštghib 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.