



بررسی تأثیر سطوح بار کار فکری بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و ذهنی

مجید فلاحي^۱، مجید معتمدزاده^{۲*}، زهرا شریفی^۳، رشید حیدری مقدم^۴،
علیرضا سلطانیان^۵

^۱ استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

^۲ استاد، گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

^۳ مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار

^۴ استادیار، گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

^۵ دانشیار، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

نویسنده مسئول: مجید معتمدزاده، استاد، گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان. ایمیل: motamedzade@yahoo.com

DOI: 10.21859/joe-04032

چکیده

مقدمه: پیشرفت فن‌آوری و استفاده از سیستم‌های پیچیده در محیط‌های کار بار کار فکری زیادی به اپراتورها تحمیل می‌کند. از اینرو پایش پیوسته آن می‌تواند به پیشگیری از عوارض روانی و حفظ سلامت روانی آنها کمک کند. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح بار کار فکری بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و ذهنی انجام گردید.

روش کار: این مطالعه مقطعی از نوع توصیفی-تحلیلی بر روی ۱۶ نفر از دانشجویان سالم در شرایط آزمایشگاهی در سال ۱۳۹۳ انجام گردید. شاخص‌های فیزیولوژیک: الکتروکاردیوگرافی و الکترومیوگرافی سطحی در شش مرحله (استراحت، کار فکری زیاد، متوسط، کم، خیلی کم و استراحت بعد) با استفاده از دستگاه NeXus-4 اندازه‌گیری شدند و شاخص بار کار ناسا بلافاصله پس از انجام هر سطح از کار فکری تکمیل گردید. داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج مطالعه تفاوت معنی‌داری را برای میانگین شاخص بار کار ناسا در بین سطوح مختلف بار کار فکری نشان داد ($P < 0/05$). همچنین نتایج نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین شاخص ضربان قلب و برخی از پارامترهای تغییرپذیری ضربان قلب در شش مرحله وجود داشت ($P < 0/05$) اما برای فعالیت عضلات شانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: سطوح مختلف بار کار فکری بر پاسخ ذهنی و برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیک افراد می‌تواند تأثیر بگذارد. از این‌رو در چنین محیط کاری اجرای برنامه ارگونومی برای مدیریت سلامت روانی، ضروری به نظر خواهد رسید.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۲۳

واژگان کلیدی:

بار کار فکری

الکترومیوگرافی سطحی

الکتروکاردیوگرافی

شاخص بار کار ناسا

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

مقدمه

به علت پیشرفت فن‌آوری و اتوماسیون، بار کار فکری به عنوان یکی از مهمترین موضوعات حوزه سیستم‌های کاری مطرح شده است [۱]. بار کار فکری واژه‌ای عمومی است که برای تشریح فکر صرف شده در اجرای کامل نیازهای وظیفه به کار می‌رود [۲]. بار کار به صورت جسمانی و فکری است و هر دو همواره با یکدیگر در ارتباطند و زمانی که یک فرد وظیفه‌ای خاص را انجام می‌دهد به طور کامل نمی‌توان آن دو را از هم جدا نمود [۳]. اپراتورهای انسانی جزء اساسی سیستم‌ها هستند و عملکرد سیستم‌ها را در سطح مناسب حفظ می‌کنند [۴]. زمانی که وظیفه، پر از نیاز و پیچیده

است، اپراتورها باید بیشتر تلاش کنند تا وظیفه محوله را تکمیل کنند [۵]. در این شرایط بار کار فکری افزایش می‌یابد و ممکن است اپراتورها در پردازش اطلاعات تأخیر کنند [۶]. از آنجا که اپراتورها سطوح زیادی از بار کار فکری را در کار روزانه خود بدون استراحت کافی تجربه می‌کنند، در نتیجه مشکلاتی نظیر استرس مزمن، افسردگی، یا فرسودگی رخ خواهد داد [۷] و بر عملکرد و سلامتی آن‌ها تأثیر خواهد گذاشت [۸]. فن دالن و همکارانشان دادند که عدم تناسب میان نیاز وظیفه و قابلیت‌های کارگر می‌تواند منجر به استرس مرتبط با کار شود [۹]. همچنین تأثیر بار کار فکری بر شاخص‌های قلبی به طور گسترده‌ای در

حین عملکرد وظیفه در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۰، ۱۱]. روش‌های اصلی اندازه‌گیری بار کار فکری، روش‌های اندازه‌گیری وظیفه اولیه و وظیفه ثانویه، روش‌های روانی-فیزیولوژیک و روش‌های ذهنی هستند [۱۲]. در سه دهه گذشته در ارگونومی این تمایل وجود داشته که از گروهی از روش‌های اندازه‌گیری برای ارزیابی بار کار فکری استفاده شود. روش‌های ذهنی به ما اطلاعاتی درباره ادراکات فرد از شرایط وظیفه ارائه می‌دهند [۱۳]. معمول‌ترین این روشها، روش‌هایی نظیر شاخص بار کار ناسا (the national aeronautics and space administration-task load index subjective workload) و تکنیک ارزیابی ذهنی بار کار (assessment Technique) است [۱۴]. در سال ۱۹۹۲، هیل و همکاران چهار روش نرخ گذاری بار کار ذهنی: شاخص بار کار ناسا، روش ارزیابی ذهنی بار کار، بار کار کلی (overall workload) و مقیاس اصلاح شده کوپرهاپر (modified Cooper-Harper) را با هم مقایسه کردند. این روشها با توجه به معیارهای (۱) حساسیت (۲) پذیرش توسط اپراتور (۳) نیازهای وظیفه (۴) شیوه‌های خاص مقایسه شدند. نتایج نشان داد که شاخص بار کار ناسا، دارای بیشترین اعتبار است، در حالی که روش بار کار کلی پس از آن بیشترین اعتبار را داشت. روش ناسا محبوب‌ترین روش از دید اپراتورها و روش بار کار کلی آسانترین روش برای تکمیل بود [۱۵]. روش‌های مبتنی بر عملکرد و روانی - فیزیولوژیک اطلاعات لحظه‌ای درباره شرایط عینی کار یا الزامات وظیفه برای منابع خاص را فراهم می‌کنند [۱۳]. ارزشیابی روانی-فیزیولوژیک بار کار فکری، دارای چندین مزیت نسبت به روش‌های ذهنی است. مزیت اصلی روش روانی-فیزیولوژیک، قابلیت ثبت پیوسته داده‌ها است. در برخی موارد ارزشیابی لحظه‌ای بار کار، امکان دارد. احتمالاً ضربان قلب معمول‌ترین متغیر اندازه‌گیری در روش‌های روانی-فیزیولوژیک است [۱۶]. در مطالعه کیناز و همکاران با افزایش سطح بار کار فکری تغییرات شاخص‌های مرتبط با تغییر پذیری ضربان قلب در دو گروه قرار گرفت. گروه نخست؛ شاخص‌هایی که با افزایش بار کار فکری کاهش یافتند و گروه دوم شاخص‌هایی که با افزایش بار کار فکری روند افزایشی را نشان دادند [۱۷]. در مطالعه هیلما زدری، از الکترومیوگرافی (electromyography: EMG) سطحی و الکتروانسفالوگرافی (electroencephalography: EEG) برای اندازه‌گیری فعالیت عضله و مغز استفاده شد و مشخص شد که میان فعالیت عضله اندام فوقانی و فعالیت مغزی در حین انجام

وظایف ارتباط زیاد و معنی‌داری وجود داشت. هر چقدر زمان افزایش می‌یافت و کار دقیق‌تر می‌شد، افراد بیشتری از نظر جسمانی و فکری خسته می‌شدند [۱۷]. در مطالعه مهتا، نتیجه‌گیری شد که بار کار فکری بر عضله شانه اثرات مخربی مانند کاهش تحمل و خستگی را دارد [۱۸]. در مقایسه با مطالعات انجام شده در دنیا، در کشور ما مطالعات کمی جهت ارزیابی بار کار فکری و اثرات آن بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و ذهنی حتی به صورت آزمایشگاهی انجام شده است. با توجه به کمبود و خلاء مطالعات در این حوزه در کشور از اطلاعات حاصل شده از چنین تحقیقاتی می‌توان برای ارتقاء ارگونومی شناختی، شرایط کار و بهینه سازی سطوح بار کار فکری استفاده کرد و ریسک خطاهای انسانی را در شرایط واقعی کار کاهش داد. از آنجا که در شرایط واقعی کار انجام مطالعات در حوزه بار کار فکری با استفاده از روش‌های عینی با محدودیت‌هایی نظیر عدم همکاری اپراتورها، وجود عوامل مداخله‌گر مانند جایابی اپراتورها حین کار، و عدم دسترسی به وسیله اندازه‌گیری مناسب روبرو است مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح بار کار فکری بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و ذهنی افراد در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

روش کار

برخی مطالعات [۷] در ارزیابی بار کار فکری از مردان در مطالعه خود استفاده کرده‌اند. در این مطالعه بر آن شدیم تا تأثیر بار کار فکری بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و ذهنی را در دختران مورد بررسی قرار دهیم. از این‌رو ۱۶ نفر از دانشجویان دختر که از سلامت کامل برخوردار بودند به صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند. به منظور کاهش تأثیر هورمون‌های باروری زنانه آزمایش بر روی افراد شرکت کننده بین روزهای ۰ تا دهم عادت ماهیانه آنها انجام شد [۱۹]. ملاحظات اخلاقی این مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد تصویب قرار گرفت. علاوه بر اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک؛ الکتروکاردیوگرافی (electrocardiography: ECG) و الکترومیوگرافی سطحی در حین انجام چهار وظیفه فکری، در پایان هر مرحله با روش ذهنی شاخص بار کار ناسا، بار کار فکری ارزیابی شد. به شرکت‌کنندگان توضیح داده شد که ارزیابی بار کار فکری در حین انجام چهار وظیفه n-back صورت خواهد گرفت. وظیفه n-back یک وظیفه با عملکرد پیوسته است که به طور معمول به منظور ارزیابی در حوزه علوم روانشناختی برای اندازه‌گیری بخشی از حافظه کار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سطحی مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت عضلانی شانه با نصب الکترودهای Ag-AgCl در دو طرف عضلات شانه (upper-trapezius) و سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی نیز با نصب الکترودهای Ag-AgCl بر استخوان جناغ سینه و در قسمت سمت چپ زیر بغل روی دنده ششم ثبت شد. از ثبت سیگنال‌های ECG، شاخص‌های میانگین ضربان قلب، انحراف معیار فواصل بین ضربان قلب (the standard deviation of NN intervals: SDNN) بر حسب میلی ثانیه، ریشه دوم میانگین اختلافات فواصل بین ضربان قلب (mean square of successive differences: RMSSD) بر حسب میلی ثانیه، درصد تعداد فاصله ضربان قلب متوالی که بیش از ۵۰ میلی ثانیه از فاصله ضربان قلب قبلی بود (divided by total number of the proportion of NN50) بر حسب درصد و نسبت فرکانس پایین به فرکانس بالا (The ratio of low frequency to high frequency) محاسبه شدند.

عوامل محیطی مانند صدا، روشنایی و دمای محیط در اتاق مورد آزمایش مناسب بود. از افراد خواسته می‌شد تا روز و زمان معینی که آمادگی دارند آزمایش انجام شود را اعلام نمایند. در روز مقرر، قبل از انجام آزمایش توضیحات کافی در خصوص نحوه کار با وظیفه n-back به افراد آموزش داده شد. همچنین نحوه تکمیل پرسشنامه شاخص بار کار ناسا برای هر فرد ارائه گردید. شاخص بار کار ناسا توسط گروه عملکرد انسانی مرکز تحقیقات ناسا توسعه یافته است [۲۱]. این شاخص یک روش نرخ گذاری چندبعدی حاوی شش زیر مقیاس؛ نیاز فکری، نیاز جسمانی، نیاز زمانی، عملکرد، تلاش و ناامیدی می‌باشد. سه زیر مقیاس نخست با نیازهای شرکت‌کننده مرتبط و سه مورد آخر با تعامل شرکت‌کننده با وظیفه مرتبط است. نرخ گذاری عددی برای هر زیرمقیاس توسط شرکت‌کننده روی یک مقیاس مدرج خطی که به ۲۰ فاصله یکسان تقسیم شده است، مشخص می‌شد که به مقیاس نرخ گذاری ۱۰۰-۰ تبدیل شد. خط مربوط به هر زیرمقیاس در هر طرف خط با توصیف کننده‌های تک قطبی (به طور مثال کم و زیاد) مشخص است. نمره خام بار کار با جمع نرخ گذاری ارائه شده برای هر شش زیرمقیاس و تقسیم آن بر عدد شش محاسبه شد [۲۲]. نمره بار کار کلی، براساس میانگین نرخ گذاری وزنی زیرمقیاس‌ها محاسبه شد. وزن زیرمقیاس‌ها توسط ارزیابی شرکت‌کننده در خصوص این-که هر عامل چه سهمی در بار کار وظیفه دارد، تعیین شد. پس آر تکمیل نرخ گذاری اولیه، ۱۵ مقایسه دودویی زیرمقیاس‌ها به فرد

این وظیفه در سال ۱۹۸۵ توسط وین کرچنرمعرفی گردید. به فرد ترتیبی از محرک‌ها (اشکال) نشان داده می‌شود و با توجه به مقدار n زمانی که محرک (شکل) فعلی با یکی از n مراحل که به ترتیب نشان داده شده بود، منطبق گردد، فرد باید بر روی صفحه کلید یک دکمه را فشار دهد، در غیر اینصورت واکنشی نشان نمی‌دهد. فاکتور بار n می‌تواند به نحوی تنظیم گردد تا وظیفه را بیشتر یا کمتر دشوار نماید. n-۱ یعنی شرکت‌کننده باید موقعیت آیتم (شکل موردنظر) نسبت به یک نوبت قبل را بخاطر بیاورد. n-۲ یعنی شرکت‌کننده باید موقعیت آیتم (شکل موردنظر) نسبت به دو نوبت قبل را بخاطر بیاورد و به همین ترتیب با افزایش n دشواری وظیفه افزایش می‌یابد [۲۰]. در این مطالعه اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک به مدت ۵ دقیقه در شرایط بار کار فکری خیلی کم (back-1 position: ردیابی موقعیت صحیح یک شکل مشخص نسبت به یک مرحله قبل)، کم (back-1 position-image: ردیابی همزمان موقعیت و تصویر صحیح اشکال مختلف نسبت به یک مرحله قبل)، متوسط (back-position-color-image1: ردیابی همزمان موقعیت، تصویر و رنگ صحیح اشکال مختلف نسبت به یک مرحله قبل) و زیاد (back-1 position, color, image, audio: ردیابی همزمان موقعیت، تصویر، رنگ و صدای صحیح اشکال و حروف مختلف نسبت به یک مرحله قبل) برای هر فرد انجام گردید. شرکت‌کننده موظف بود در مدت ۴،۵ ثانیه، چنانچه وضعیت مشاهده شده بر روی نمایشگر مشابه مرحله قبل بود، بر روی صفحه کلید یک حرف تا چهار حرف را فشار دهد. در صورتی که وضعیت مشاهده شده بر روی نمایشگر مشابه مرحله قبل نبود، نباید واکنشی نشان می‌داد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک از دستگاه پرتابل نکسوس-۴ (Nexus-4) ساخت کمپانی مایند مدیا هلند استفاده گردید. نکسوس-۴ یک وسیله چهار کاناله برای پایش شاخص‌های روانی - فیزیولوژیک با فن‌آوری بلوتوث است. با این سیستم، جمع‌آوری سیگنال‌های الکتروانسفالوگرافی، الکتروکاردیوگرافی، الکترومیوگرافی و غیره امکان‌پذیر است. سیگنال‌های جمع‌آوری شده به صورت بی‌سیم با استفاده از بلوتوث برای پایش آنلاین و ذخیره داده‌ها به حافظه کامپیوتر منتقل شدند. پردازش داده‌ها، فیلتر کردن دیجیتال، گزارش روندها و آنالیزهای آماری اولیه بوسیله نرم افزار (BioTrace+software®, Mind Media BV, Roermond-Herten, The Netherlands) انجام می‌شد. کانال‌های عملیاتی در فرکانس ۱۰۲۴ هرتز برای اندازه‌گیری سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی و الکترومیوگرافی

شاخص‌های فیزیولوژیک و روش‌های ذهنی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها

بار کار ذهنی

میانگین (انحراف معیار) سن افراد شرکت کننده در مطالعه [۲] ۲۱ سال بود. نتایج نرخ‌گذاری‌های ذهنی بار کار که با روش شاخص بار کار ناسا اندازه‌گیری شد در جدول ۱ ارائه شده است. گستره امتیاز شاخص بار کار ناسا از ۰ نشانگر عدم نیاز تا ۱۰۰ نشانگر حداکثر نیاز بود. افراد نیازهای وظیفه بیشتری را با افزایش بار کار فکری گزارش کردند. نتایج نشان داد که از دیدگاه افراد درجه سختی با افزایش بار کار برای هر وظیفه متفاوت بود. در تمام چهار وظیفه نیاز جسمانی کمترین امتیاز را داشت. در بین زیرمقیاس‌های ناسا برای کار فکری خیلی کم و کم، سه زیرمقیاس عملکرد خود، ناامیدی و نیاز فکری به ترتیب دارای بیشترین امتیاز بودند. برای کار فکری متوسط، عملکرد خود، نیاز زمانی و نیاز فکری به ترتیب دارای بیشترین امتیاز بودند و در کار فکری خیلی زیاد سه زیرمقیاس ناامیدی، عملکرد خود و نیاز زمانی به ترتیب دارای بیشترین امتیاز بودند. نتایج آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری تفاوت معنی‌داری میان میانگین شاخص بار کار ناسا و زیرمقیاس‌های آن در چهار وظیفه فکری به‌جز برای زیرمقیاس‌های نیاز جسمانی و ناامیدی را نشان داد. همچنین نتایج عملکرد برحسب درصد باتوجه به تعداد موارد صحیح و ناصحیح در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که با افزایش بار کار فکری امتیاز عملکرد افراد کاهش می‌یابد و تفاوت معنی‌داری بین میانگین امتیاز عملکرد افراد در تکمیل چهار وظیفه وجود دارد.

نشان داده شد، و شرکت‌کننده یک زیرمقیاس از ۱۵ جفت را که از نظر او در بارکار وظیفه، دارای اهمیت بود، انتخاب می‌کرد. وزن هر زیرمقیاس تعداد موارد انتخاب شده تقسیم بر عدد ۱۵ است. عدد بار کار کلی، با ضرب هر بعد نرخ گذاری در وزن بدست آمده از آن زیرمقیاس، محاسبه که دارای گستره ۱۰۰-۰ می‌باشد [۲۱]. شاخص بار کار ناسا، در بسیاری از بررسی‌های تعامل انسان-کامپیوتر به‌عنوان یک روش ذهنی اندازه‌گیری بار کار فکری استفاده شده است [۲۲].

وضعیت کاری تمامی افراد به صورت نشسته بود و آن‌ها در حین انجام هر وظیفه n-back موظف بودند به طور پیوسته وظیفه موردنظر را انجام دهند. برای جلوگیری از نقص در اندازه‌گیری از هر فرد خواسته شد که در حین اندازه‌گیری حداقل حرکت را داشته باشد و از صحبت کردن و حرکات اضافی اجتناب نماید. پس از نصب الکترودهای ECG و EMG، این سیگنال‌ها قبل از انجام وظایف n-back و در انتهای وظایف به مدت ۵ دقیقه در حالت استراحت با چشمان باز و در حین انجام چهار وظیفه n-back، هر وظیفه به مدت ۵ دقیقه اندازه‌گیری شد و در پایان هر وظیفه فکری از هر فرد درخواست شد تا پرسشنامه شاخص بار کار ناسا را تکمیل نماید. لازم به ذکر است ترتیب انجام وظایف فکری برای تمام افراد از کار فکری خیلی کم تا زیاد بود. همچنین پس از تکمیل پرسشنامه به مدت ۵ دقیقه هر فرد استراحت می‌کرد و سپس کار فکری بعد از انجام می‌داد. پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به شاخص‌های فیزیولوژیک با نرم افزار Biotrace، با استفاده از نمودارها، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی و همچنین ارائه جداول به توصیف اطلاعات پرداختیم. با استفاده از آمار تحلیلی و به‌کار بردن آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری توزیع هر یک از

جدول ۱: مقایسه میانگین \pm انحراف معیار زیرمقیاس‌های شاخص بار کار ناسا و عملکرد در چهار سطح از کار فکری

F; p	کار فکری زیاد	کار فکری متوسط	کار فکری کم	کار فکری خیلی کم	ابعاد شاخص بار کار ناسا
۵/۱۲؛ ۰/۰۰۱	۶۹/۵۰ \pm ۱۲/۶۵	۶۴/۷۲ \pm ۱۱/۷۲	۵۰/۱۷ \pm ۱۲/۶۳	۴۶/۰۱ \pm ۱۳/۱۸	نیاز فکری
۳/۵۴؛ ۰/۱۲۸	۲۲/۴۵ \pm ۷/۳۲	۱۹/۸۱ \pm ۵/۱۳	۱۶/۱۸ \pm ۵/۳۲	۱۳/۵۰ \pm ۴/۵۵	نیاز جسمانی
۷/۸۱؛ ۰/۰۱۰	۷۲/۷۳ \pm ۱۴/۸۲	۶۸/۸۲ \pm ۱۳/۲۶	۴۸/۷۴ \pm ۱۰/۲۵	۳۹/۷۱ \pm ۱۴/۲۸	نیاز زمانی
۷/۶۹؛ ۰/۰۴۲	۷۳/۸۵ \pm ۸/۳۹	۷۹/۴۲ \pm ۵/۲۹	۸۸/۸۳ \pm ۷/۴۰	۹۰/۴۱ \pm ۵/۸۳	عملکرد خود
۶/۶۹؛ ۰/۰۰۱	۶۴/۸۱ \pm ۱۴/۲۴	۵۴/۱۲ \pm ۱۱/۳۵	۴۵/۸۷ \pm ۹/۶۸	۳۵/۹۲ \pm ۱۰/۳۲	تلاش و کوشش
۵/۰۶؛ ۰/۲۲۴	۷۷/۱۳ \pm ۱۵/۴۱	۴۸/۸۸ \pm ۱۳/۸۰	۵۱/۷۱ \pm ۱۱/۷۵	۵۳/۹۰ \pm ۱۳/۶۷	ناامیدی
۷/۶۳؛ ۰/۰۰۲	۶۵/۲۶ \pm ۱۲/۰۱	۶۶/۳۱ \pm ۱۲/۹۹	۵۲/۲۹ \pm ۱۳/۶۹	۴۸/۵۸ \pm ۱۷/۰۰	بار کار کل
۸۰/۴۳؛ ۰/۰۰۱	۴۵/۰۶ \pm ۱۸/۵۲	۶۶/۳۱ \pm ۱۴/۲۵	۸۳/۸۷ \pm ۱۱/۱۱	۹۸/۸۷ \pm ۳/۲۶	عملکرد*، درصد

جدول ۲: مقایسه میانگین \pm انحراف معیار شاخص‌های فیزیولوژیک در شش مرحله							
F; P	استراحت (بعد)	کارفکری زیاد	کارفکری متوسط	کارفکری کم	کارفکری خیلی کم	استراحت (قبل)	شاخص‌های فیزیولوژیک
۰/۵۵؛ ۰/۰۶۲	۸۴/۵۳ \pm ۱۴/۴۳	۸۵/۷۵ \pm ۱۹/۷۰	۸۴/۸۹ \pm ۱۱/۵۰	۸۴/۸۷ \pm ۱۸/۳۵	۸۴/۷۱ \pm ۱۴/۸۳	۸۰/۴۶ \pm ۹/۵۱	ضربان قلب، bpm
۱/۴۶؛ ۰/۰۲۴	۱۰۹/۹۹ \pm ۱۵/۶۴	۹۵/۹۸ \pm ۱۶/۰۵	۱۲۹/۳۲ \pm ۱۱/۵۱	۱۳۵/۷۰ \pm ۱۱/۴۳	۱۴۳/۶۴ \pm ۱۴/۶۷	۱۵۱/۹۴ \pm ۱۰/۶۱	ms, SDNN
۱/۵۴؛ ۰/۰۲۲	۱۰۸/۷۷ \pm ۱۵/۴۹	۱۰۲/۰۲ \pm ۱۰/۴۴	۱۳۳/۵۷ \pm ۱۳/۲۶	۱۵۴/۸۶ \pm ۱۵/۹۱	۱۶۱/۸۹ \pm ۱۸/۶۰	۱۶۳/۴۸ \pm ۱۲/۴۸	ms, RMSSD
۱/۰۷؛ ۰/۳۶۳	۲۸/۸۷ \pm ۴/۴۲	۳۰/۱۸ \pm ۲/۸۵	۳۳/۶۶ \pm ۲/۸۵	۳۶/۵۸ \pm ۳/۹۶	۲۷/۲۹ \pm ۵/۴۵	۳۷/۰۴ \pm ۷/۲۴	% pNN50
۰/۹۷؛ ۰/۰۴۱	۱/۹۴ \pm ۰/۸۲	۲/۲۶ \pm ۱/۱۹	۲/۲۱ \pm ۱/۵۰	۱/۹۵ \pm ۱/۳۵	۱/۹۳ \pm ۱/۲۹	۱/۵۹ \pm ۱/۱۱	LF/HF Ratio
۱/۶۷؛ ۰/۲۱۵	۶۶/۳۲ \pm ۱۳/۱۱	۱۰۸/۷۴ \pm ۱۷/۱۸	۹۹/۰۲ \pm ۱۵/۹۶	۱۳۱/۵۹ \pm ۱۷/۴۷	۹۱/۳۰ \pm ۲۶/۸۰	۶۶/۲۵ \pm ۱۵/۲۷	μ v, EMG.amp

* میزان عملکرد افراد در انجام چهار کار فکری براساس تعداد موارد صحیح و ناصحیح می‌باشد.

باسخ‌های فیزیولوژیک

مقادیر میانگین و انحراف معیار شاخص‌های فیزیولوژیک برای شش مرحله در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در مرحله استراحت پس از انجام چهار وظیفه فکری میانگین شاخص‌های ضربان قلب، نسبت فرکانس پایین به بالا و دامنه فعالیت عضلانی شانه از حالت استراحت قبل از شروع وظایف فکری بیشتر و برای شاخص‌های مربوط به تغییر پذیری ضربان قلب قضیه عکس است. شاخص‌های ضربان قلب، نسبت فرکانس پایین به بالا با افزایش بار کار فکری افزایش تدریجی را نشان می‌دهد و در مقابل شاخص‌های مربوط به تغییر پذیری ضربان قلب مانند SDNN و RMSSD با افزایش بار کار فکری کاهش یافته‌اند. نتایج آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری تفاوت معنی‌داری را بین میانگین شاخص‌های SDNN، RMSSD و نسبت فرکانس پایین به بالا در حین انجام چهار وظیفه فکری نشان داد. همچنین تفاوت معنی‌دار آماری بین میانگین فعالیت عضلانی شانه در شش مرحله وجود نداشت.

بحث

این مطالعه به بررسی تغییرات شاخص‌های قلبی-عروقی، فعالیت عضلات شانه و پاسخ‌های ذهنی افراد در حین انجام وظایف فکری در آزمایشگاه پرداخته است. از محدودیت‌های مطالعه می‌توان عدم همکاری شرکت‌کنندگان و اینکه تمام شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر زن بودند، را ذکر کرد. با استفاده از شاخص بار کار ناسا افراد اظهار کردند که نیازهای وظیفه با افزایش سختی کار افزایش می‌یابد. در وظیفه فکری خیلی کم و کم عملکرد دارای بیشترین اهمیت بود که نشان می‌دهد افراد سعی می‌کنند عملکرد خود را در

حین انجام این دو وظیفه در بالاترین سطح نگه دارند. اما با افزایش سختی کار در حین انجام وظایف فکری متوسط و زیاد، نیاز فکری افزایش می‌یابد، بطوری که افراد از نظر نیاز زمانی نیز تحت فشار قرار گرفته و احساس ناامیدی در انجام وظیفه با بار کار فکری زیاد در افراد مشاهده می‌شود. این احساس ناامیدی تأثیر خود را در کاهش عملکرد وظیفه نشان می‌دهد. در نتیجه می‌توان اظهار کرد که احتمالاً احساس ناامیدی در حین انجام کارهای فکری زیاد می‌تواند منجر به ایجاد استرس روانی در افراد و مشکلات ناشی از آن شود. در این مطالعه افزایش بار کار فکری باعث افزایش تدریجی شاخص‌های ضربان قلب و نسبت فرکانس پایین به بالا (LF/HF ratio)، در چهار مرحله نسبت به مراحل استراحت شده است. در مطالعه کیناز و همکاران شاخص نسبت فرکانس پایین به بالا نیز با افزایش کار فکری، بیشتر شده بود [۷]. این در حالی است که میاکی و همکاران اظهار کرده‌اند که شاخص نسبت فرکانس پایین به بالا نسبت به افزایش بار کار فکری، به علاوه، تغییر از کار فکری خیلی کم به زیاد تأثیر خود را در شاخص‌های مربوط به تغییر پذیری ضربان قلب مانند SDNN و RMSSD به صورت کاهش نشان داده است که با مطالعه کیناز و همکاران که به پایش بار کار فکری در فعالیت‌های اداری پرداخته بودند، همخوانی دارد [۷]. همچنین هانگ و همکاران [۲۳]، ویدیانتی و همکاران [۲۴]، کناپن و همکاران [۲۵] نشان دادند که با افزایش پیچیدگی در وظایف مورد مطالعه، ضربان قلب و نسبت LF/HF افزایش می‌یابد و شاخص‌های تغییر پذیری ضربان قلب برای بیشتر افراد مورد بررسی کم می‌شود که نتایج حاصل از مطالعه حاضر را تأیید می‌نماید.

به علت یکنواختی وظیفه ممکن است دچار ناامیدی شود و عملکرد او کاهش یابد. همچنین با افزایش بار کاری مقدار عملکرد کاهش و افراد ممکن است تحت تأثیر فشار زمانی دچار ناامیدی و سرخوردگی شوند. به علاوه، با در نظر گرفتن نتایج این تحقیق می‌توان انتظار داشت که در محیط‌های کار واقعی مانند اتاق‌های کنترل صنایع، اپراتورها که به طور پیوسته در حال پایش پارامترهای حیاتی سیستم هستند، هر روز، شرایط با نیازهای فکری مختلف را تجربه می‌کنند. در طی کار روزانه، اپراتورها در زمان‌های پیک فرآیند با شرایطی که نیاز فکری زیادی برای مدیریت فرآیند لازم است روبرو خواهند شد و به علت اینکه این شرایط هر روز تکرار می‌شود، ممکن است آنها استرس و خستگی فکری را تجربه کنند و با گذشت زمان سلامت روانی اپراتورها تحت تأثیر قرار گیرد. در نتیجه بهتر است برای دستیابی به عملکرد بهینه به منظور حفظ سلامت شغلی افراد میزان بار کاری در حد متوسط در نظر گرفته شود. در نهایت انجام مطالعات بیشتر آزمایشگاهی و میدانی بر روی مردان و زنان در صورتی که وسیله مناسب اندازه‌گیری شاخص‌های روانی-فیزیولوژیک موجود باشد، می‌تواند نتایج بهتری را درباره استرس ناشی از انجام وظایف فکری در اختیار بگذارد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پایان‌نامه دکترای بهداشت حرفه‌ای مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان در سال ۹۲ می‌باشد. در پایان از تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند و همچنین از تمام دانشجویانی که در این پژوهش شرکت داشتند، نهایت تقدیر و تشکر را داریم.

REFERENCES

- Nachreiner F. Standards for ergonomics principles relating to the design of work systems and to mental workload. *Appl Ergon*. 1995;26(4):259-63. PMID: 15677027
- Hart SG, Wickens CD. *Workload assessment and prediction*. Manprint. Germany: Springer; 1990. p. 257-96.
- Lean Y, Shan F. Brief review on physiological and biochemical evaluations of human mental workload. *Hum Fact Ergonom Manufact Serv Indust*. 2012;22(3):177-87.
- Balfe N, Sharples S, Wilson JR. Impact of automation: Measurement of performance, workload and behaviour in a complex control environment. *Appl Ergon*. 2015;47:52-64. DOI: 10.1016/j.apergo.2014.08.002 PMID: 25479974
- Vidulich MA, Tsang PS. The confluence of situation awareness and mental workload for adaptable human-machine systems. *J Cogn Engin Decision Making*. 2015;9(1):95-7.
- Ryu K, Myung R. Evaluation of mental workload with a combined measure based on physiological indices during a dual task of tracking and mental arithmetic. *Int J Indust Ergonom*. 2005;35(11):991-1009.
- Cinaz B, Arnrich B, La Marca R, Tröster G. Monitoring of mental workload levels during an everyday life office-work scenario. *Person Ubiquit Comput*. 2013;17(2):229-39.
- Johnson A, Widyanti A. Cultural influences on the measurement of subjective mental workload. *Ergonom*. 2011;54(6):509-18.
- van Daalen G, Willemsen TM, Sanders K, van Veldhoven MJ. Emotional exhaustion and mental health problems among employees doing "people work": the impact of job demands, job resources and family-to-work conflict. *Int Arch Occup Environ Health*. 2009;82(3):291-303. DOI: 10.1007/s00420-008-0334-0 PMID: 18512068
- Backs RW, Seljos KA. Metabolic and cardiorespiratory measures of mental effort: the effects of level of difficulty in a working memory task. *Int J Psychophysiol*. 1994;16(1):57-68. PMID: 8206805
- Veltman JA, Gaillard AW. Physiological indices of workload in a simulated flight task. *Biol Psychol*. 1996;42(3):323-42. PMID: 8652751
- Jo S, Myung R, Yoon D. Quantitative prediction of mental workload with the ACT-R cognitive architecture. *Int J Indust Ergonom*. 2012;42(4):359-70.
- Di Stasi LL, Antoli A, Gea M, Cañas JJ. A neuroergonomic approach to evaluating mental workload in hypermedia interactions. *Int J Indust Ergonom*. 2011;41(3):298-304.
- Colombi JM, Miller ME, Schneider M, McGrogan MJ, Long CDS, Plaga J. Predictive mental workload modeling for semiautonomous system design: Implications for systems of systems. *System Engin*. 2012;15(4):448-60.
- Hill SG, Iavecchia HP, Byers JC, Bittner AC, Zaklade AL, Christ RE.

- Comparison of four subjective workload rating scales. *Hum Factor J Hum Factor Ergonom Soci.* 1992;34(4):429-39.
16. Miyake S, Yamada S, Shoji T, Takae Y, Kuge N, Yamamura T. Physiological responses to workload change. A test/retest examination. *Appl Ergon.* 2009;40(6):987-96. DOI: [10.1016/j.apergo.2009.02.005](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.02.005) PMID: [19303586](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19303586/)
 17. Zadry HR, Dawal SZ, Taha Z. The relation between upper limb muscle and brain activity in two precision levels of repetitive light tasks. *Int J Occup Saf Ergon.* 2011;17(4):373-84. DOI: [10.1080/10803548.2011.11076901](https://doi.org/10.1080/10803548.2011.11076901) PMID: [22152503](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22152503/)
 18. Mehta RK, Agnew MJ. Effects of physical and mental demands on shoulder muscle fatigue. *Work.* 2012;41 Suppl 1:2897-901. DOI: [10.3233/WOR-2012-0541-2897](https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0541-2897) PMID: [22317159](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22317159/)
 19. Pérusse-Lachance E, Tremblay A, Chaput JP, Poirier P, Teasdale N, Drapeau V, et al. Mental work stimulates cardiovascular responses through a reduction in cardiac parasympathetic modulation in men and women. 2012:1-6.
 20. Gazzaniga M, Ivry R, Mangun G. Learning and memory. *Cognitive neuroscience: The biology of the mind.* 2009:312-63.
 21. Scott A, Khan KM, Duronio V, Hart DA. Mechanotransduction in human bone: in vitro cellular physiology that underpins bone changes with exercise. *Sports Med.* 2008;38(2):139-60. PMID: [18201116](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18201116/)
 22. Felton EA, Williams JC, Vanderheiden GC, Radwin RG. Mental workload during brain-computer interface training. *Ergonomics.* 2012;55(5):526-37. DOI: [10.1080/00140139.2012.662526](https://doi.org/10.1080/00140139.2012.662526) PMID: [22506483](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22506483/)
 23. Hwang SL, Yau YJ, Lin YT, Chen JH, Huang TH, Yenn TC, et al. Predicting work performance in nuclear power plants. *Safe Sci.* 2008;46(7):1115-24.
 24. Widyanti A, de Waard D, Johnson A, Mulder B. National culture moderates the influence of mental effort on subjective and cardiovascular measures. *Ergonomics.* 2013;56(2):182-94. DOI: [10.1080/00140139.2012.748219](https://doi.org/10.1080/00140139.2012.748219) PMID: [23234266](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23234266/)
 25. Knaepen K, Marusic U, Crea S, Rodriguez Guerrero CD, Vitiello N, Pattyn N, et al. Psychophysiological response to cognitive workload during symmetrical, asymmetrical and dual-task walking. *Hum Mov Sci.* 2015;40:248-63. DOI: [10.1016/j.humov.2015.01.001](https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.01.001) PMID: [25617994](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25617994/)
 26. Mehta RK, Nussbaum MA, Agnew MJ. Muscle- and task-dependent responses to concurrent physical and mental workload during intermittent static work. *Ergonomics.* 2012;55(10):1166-79. DOI: [10.1080/00140139.2012.703695](https://doi.org/10.1080/00140139.2012.703695) PMID: [22849301](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22849301/)

The Impact of Mental Workload Levels on Physiological and Subjective Responses

Majid Falahi ¹, Majid Motamedzade ^{2,*}, Zahra Sharifi ³, Rashid Heidari Moghaddam ⁴, Alireza Soltanian ⁵

¹ Department of Occupational Hygiene, Faculty of Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

² Professor, Department of Ergonomics, School of Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

³ MSc Department of Occupational Hygiene, Faculty of Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Ergonomics, Faculty of Health and Medical Sciences Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

⁵ Associate Professor, Department of Biostatistics & Epidemiology, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

* Corresponding author: Majid Motamedzadeh, Professor, Department of Ergonomics, School of Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. E-mail: motamedzade@yahoo.com

DOI: 10.21859/joe-04032

Received: 15/03/2016

Accepted: 13/08/2016

Keywords:

Mental Workload
Surface Electromyography
Electrocardiography
NASA Task Load Index

How to Cite this Article:

Falahi M, Motamedzade M, Sharifi Z, Heidari Moghaddam R, Soltanian A. The Impact of Mental Workload Levels on Physiological and Subjective Responses. *J Ergo*. 2016;4(2):11-18. DOI: 10.21859/joe-04032

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

Abstract

Introduction: Advances in technology and the use of complex systems at work have imposed high mental workloads to operators; so, continuous monitoring of mental workload can help to prevent mental problems and maintain mental health. Therefore, this study aimed to investigate the impact of mental workload on physiological and subjective responses.

Methods: This cross-sectional descriptive-analytical study was performed on 16 healthy university students in 2014 at a laboratory setting. Physiological parameters of surface electromyography and electrocardiography in six blocks (resting, high mental work, moderate, low, very low and recovery) were measured using NeXus4-. After performing each block, the NASA-TLX questionnaire was completed. Statistical analysis was conducted using SPSS software version 21.0. A %5 significance level was adopted in all the tests.

Results: The results showed significant differences for the average score of NASA-TLX between the different levels of mental work load ($P < 0.05$). Also, the analysis of repeated measures variance showed significant differences for heart rate and heart rate variability parameters in the six blocks ($P < 0.05$), but no significant difference was observed for the shoulder muscles activity.

Conclusions: Different levels of mental work load can impact on people's subjective responses and some of their physiological responses. Thus, in such workplaces, it will be necessary to conduct an ergonomic program to manage mental health.