طراحی، ساخت و اعتبارسنجی دستگاه آزمایشگاهی سنجش تغییرات خستگی چشمی

احسان الله حبیبی[۱]، حسن رجبی وردنجانی[۲*]، حبیب الله دهقان[۱]

۱) گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

۲) مرکز رشد فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۴

چکیده

مقدمه: خستگی چشمی عاملی است که می تواند باعث افزایش خطاهای انسانی و کاهش دقت و بهره وری گردد، طراحی و ساخت ابزارهای آزمایشگاهی ارگونومی که بتواند در جهت شناسایی، ارزیابی و کنترل این عامل مؤثر باشد موجب ارتقاء بهره وری در مشاغل مختلف خواهد شد. هدف این مطالعه طراحی و اعتبارسنجی دستگاه آزمایشگاهی سنجش تغییرات خستگی بینایی VFM-90.1 است.

مواد و روش ها: دستگاه VFM-90.1 بر پایه ثبت تغییرات ارزش فلیکر طراحی، برنامه نویسی و ساخته شد و برای اعتبارسنجی نتایج آن از یک مطالعه مقطعی با حجم نمونه ۲۴۸ نفر از کاربران پایانه های تصویری و پرسش نامه سنجش خستگی بینایی کاربران پایانه های تصویری استفاده شد. برای تعیین درصد خطای دستگاه VFM-90.1 از دستگاه اسیلسکوپ به عنوان استاندارد اولیه استفاده گردید و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارزیابی نتایج دستگاه، از اطلاعات جمع آوری شده هم زمان به وسیله پرسش نامه و دستگاه VFM-90.1 و ورود داده ها به نرم افزار SPSS vol.11 و محاسبه مقادیر حساسیت–ویژگی و ترسیم منحنی راک (Receiver operating characteristic) استفاده شد و نواحی خستگی چشمی بر اساس فرکانس دستگاه مشخص گردید.

یافته های پژوهش: دستگاه VFM-90.1 دارای قدرت تفکیک فرکانس ۰/۱ هرتز و میانگین درصد خطای ۰/۸ درصد می باشد. حداکثر تغییرات ارزش فلیکر و حداکثر تغییرات امتیاز پرسش نامه(قبل و بعد از مداخله) به ترتیب(۴/۱-) در مقیاس هرتز و(۵/۸۳) واحد در مقیاس ۰ تا ۱۰ محاسبه شد. همبستگی نتایج دستگاه و پرسش نامه معادل(۰/۸۷-) به دست آمد و نقاط برش دستگاه VFM-90.1 معادل(۰/۵-)، (۲/۲-) و (۳/۴-) هرتز محاسبه گردید که به ترتیب خطوط برش نواحی بدون خستگی، خستگی کم، خستگی متوسط و مقادیر کمتر از(۳/۴-) هرتز، ناحیه خستگی شدید را نشان می دهند.

بحث و نتیجه گیری: دستگاه VFM-90.1 اولین ابزاری است که می تواند با استفاده از یک شاخص بیولوژیک، سطح تغییرات خستگی چشمی را به صورت کمی و کیفی برآورد نماید و با توجه به برخورداری از دقت و صحت علمی، می توان از یک طرف از آن به عنوان استاندارد اولیه در آزمایشگاه های ارگونومی جهت ارزیابی و کنترل عوامل تشدیدکننده خستگی چشمی و از طرف دیگر به عنوان اعتبار ملاک، جهت اعتبارسنجی پرسش نامه های خستگی چشمی در مشاغل مختلف استفاده نمود

واژه های کلیدی: دستگاه VFM-90.1، خستگی چشمی، کاربران پایانه های تصویری، ارزش فلیکر

* **نویسنده مسئول**: مرکز رشد فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

Email: Rajabi@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

مقدمه

بینایی، یکی از مهم ترین حواس پنجگانه انسان در شناسایی دقیق جهان پیرامون است. چشم به عنوان ابزار نگریستن وظیفه مهمی را در این خصوص بر عهده دارد به همین دلیل ایجاد شرایط بهینه ای که چشم را در انجام این وظیفه یاری دهد، امری بسیار مهم به شمار می آید،(۱،۲). خستگی، ناشی از استرین بوده و معمولاً استرین منجر به استرس می شود و در صورتی که میزان استرس بیش از حد باشد یا این که پیوسته ادامه داشته باشد می تواند به تغییرات برگشت ناپذیری منجر شود،(۳). معمولاً خستگی چشمی در زمانی که کار با دقت انجام می شود و یا زمانی که کتب با چاپ ضعیف و یا متن های الکترونیک با کیفیت پایین خوانده می شود و یا مطالعه در نور ناکافی و مواجهه با نورهای چشمک زن و یا وجود عیوب انکساری چشم، به وجود می آید،(۴). اغلب فعالیت های چشمی می تواند راهی برای ایجاد خستگی چشمی باشند مخصوصاً وقتی که برای طولانی مدت کار چشمی ادامه داشته باشد.(۳)

به طورکلی خستگی رانندگان وسایل نقلیه عامل اصلی ۲۵ درصد حوادث رانندگی و به طور خاص عامل اصلی ۶۰ درصد تصادفات جاده ای منجر به مرگ و یا آسیب های جدی اعلام شده است،(۵). خستگی می تواند حوزه توجه و تمرکز انسان را محدودتر از حالت عادی نماید،(۴،۶). اهمیت موضوع به این دلیل است که بروز خستگی از نظر زمانی ناپایدار بوده و مابین ریتم بیداری و خواب قرار می گیرد و اگر پیوسته ادامه داشته باشد می تواند به خواب منجر شود.(۷)

امروزه با رشد سریع تکنولوژی، ابزارهای متعلق به آن نیز، از جمله کامپیوتر، نمایشگرها و پایانه های تصویری(Visual Display Terminals) به سرعت در حال گسترش جهانی هستند، بر اساس نتایج تحقیقات علمی منتشر شده، بیشترین شکایات و ناراحتی کاربران VDT، ناراحتی های چشمی اعلام شده است،(۶). مطالعات نشان می دهند که حدود ۷۵ درصد از کاربران کامپیوتر، دچار مشکلات بینایی شده اند،(۸،۹)، و اثرات کار با پایانه های تصویری کاملاً با اختلالات چشمی مرتبط است و تیزبینی و دقت فرد را تحت تاثیر قرار می دهد.(۱۰)

خستگی چشمی شامل علائم زیادی هم چون سردرد، بیزاری از ادامه کار و دردهای چشمی و... می باشد،(۱۱). در مطالعات مختلفی که بر روی کاربران پایانه های تصویری انجام شده است بیشترین شکایت افراد شامل درد و فشار بر چشم، خشکی چشم، ریزش اشک، تحریک و قرمزی، تاری دید، دوبینی، درد گردن، کمر و شانه اعلام شده است.(۱۰،۱۲)

در مطالعه ای که بر روی ۲۰ نفر دانشجو در سال ۲۰۰۸ انجام شد عملکرد بینایی و شاخص(Critical Flicker Fusion) اندازه گیری شد و نتایج نشان داد که خستگی چشمی در هنگام مطالعه کتب الکترونیکی به صورت معنی داری بیشتر از مطالعه کتب عادی است و عملکرد بینایی در مطالعه کتب عادی به صورت معنی داری بهتر از مطالعه کتب الکترونی است،(۱۳). اغلب محققان برای ارزیابی خستگی چشمی از پرسش نامه های ارزیابی ذهنی(Subjective) خستگی چشمی بهره می گیرند.(۱۷-۱۴)

ابزار دیگری که به صورت عینی(Objective) تغییرات خستگی چشمی را می تواند ارزیابی کند، دستگاه سنجش تغییرات خستگی چشمی است که بر اساس تغییر ارزش فلیکر(Flicker Value) طراحی شده است،(۱۸،۱۹). آستانه درک سوسو زدن نور(CFF)یک گزینه قابل ارزیابی جهت بررسی خستگی چشمی است،(۱۹،۲۰). اندازه گیری ارزش فلیکر دارای حساسیت بالا و کاربرد آسان بوده و میزان فعالیت و دقت شبکیه چشم را ارزیابی می کند.(۲۱)

با توجه به این که برای ارزیابی خستگی چشمی در مشاغل مختلف لازم است پرسش نامه های اختصاصی تهیه شود و از طرفی پرسش نامه ها بر پایه ارزیابی ذهنی خستگی چشمی بنا شده اند، امکان دارد در هنگام اعتبارسنجی خطا رخ دهد و یا در زبان های مختلف برداشت های یکسانی از عبارات صورت نگیرد و به دنبال آن نتایج مطالعه را تحت تاثیر قرار دهد لذا استفاده از یک شاخص عینی و فیزیولوژیک(تغییرات CFF) به عنوان ملاک اعتبارسنجی(Quality Check)، که در تمام جوامع انسانی یکسان پاسخ داده می شود می تواند اعتبار بیشتری به پرسش نامه ها داده از سوی دیگر با استفاده از این دستگاه می توان به سادگی و بدون نیاز به پرسش نامه، اثرات و تغییرات عوامل تاثیرگذار بر ایجاد خستگی چشمی شاغلین را به صورت عینی(Objective) ارزیابی کرد.

مواد و روش ها

در این مطالعه ابتدا مبانی تئوریک دستگاه آزمایشگاهی سنجش خستگی چشمی در منابع مختلف علمی بررسی و سخت افزار و نرم افزار مناسب طراحی و ساخته و خطای

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

دستگاه محاسبه شد.

مبنای طراحی دستگاه بر اساس تغییرات CFF پایه گذاری شد، مطالعات نشان می دهد این تغییرات شاخص مفیدی برای ارزیابی تغییرات خستگی چشمی می باشد و تغییرات خستگی چشمی، بر اساس تغییرات ارزش فلیکر ارزیابی می شود.(۱۴،۱۹)

دستگاه VFM-90.1 دارای دو قسمت اصلی شامل جعبه کنترل مرکزی فرکانس و یک قطعه تلسکوپی به طول ۵۰ سانتی متر است که کاملاً از نور محیط پیرامون خود ایزوله شده است. در یک سمت قطعه تلسکوپی، چشم کاربر قرار می گیرد و در سمت دیگر، یک منبع نوری چشمک زن تعبیه شده است. منبع نور یا همان چراغ کوچک(LED) از فرکانس ۵۰ هرتز به سمت فرکانس ۱ هرتز به صورت پیوسته، روشن و خاموش می شود فاصله زمانی در نظر گرفته شده برای نمایش هر فرکانس ۴ ثانیه می باشد، ارزش فلیکر به وسیله شاخص CFF برآورد شده و تغییرات آن میزان خستگی چشمی ناشی از یک بار کاری چشمی معین را نشان خواهد داد. این دستگاه شامل چند بلوک الکترونیک می باشد که مهم ترین آن بلوک پردازشگر مرکزی است که شامل چند آی سی بوده که برنامه های مورد نظر را در خود ذخیره کرده و مرکز کنترل، عملکرد و ارتباط نرم افزاری اجزاء دستگاه می باشد. خروجی دستگاه VFM-90.1 دو عدد لامپ کوچک(LED خطی) که در فرکانس های کنترل شده و معین روشن و خاموش می شوند. در پنل جلوی این دستگاه یک صفحه نمایش تعبیه شد که حالت های فعال، غیرفعال دستگاه و فرکانس خروجی و ارزش فلیکر را نمایش می دهد. ورودی های دستگاه VFM-90.1 شامل: صفحه کلید، کلید اعلام درک فلیکر(که در اختیار آزمایش شونده قرار می گیرد) و منبع برق ۲۲۰ ولت شهری می باشد.

ابزار دیگری که در این مطالعه از آن استفاده شد پرسش نامه خستگی چشمی ویژه کاربران پایانه های تصویری می باشد که همراه با سوالات اختصاصی ارزیابی خستگی چشمی، اطلاعات دموگرافیک و زمینه ای افراد شرکت کننده جمع آوری شد. پایایی پرسش نامه ۰/۷۵ می باشد.(۶)

جهت اعتبارسنجی نتایج و تعیین نقاط برش و سطوح خستگی چشمی دستگاه، مطالعه ای از نوع مقطعی با هدف ابزار سازی در سال۱۳۹۰ بر روی ۲۵۲ نفر از کاربران پایانه های تصویری در مشاغل مختلف با استفاده از دستگاه خستگی سنج چشمی VFM-90.1 و پرسش نامه سنجش خستگی چشمی طراحی و انجام شد. از روش نمونه گیری آسان در میان کاربران رایانه مشاغل مختلف(تحویل داران بانک، تایپیست ها، کاربران کامپیوتر دبیرخانه، اپراتورهای مرکز اطلاعات ۱۱۸ و دانشجویان) انجام شد. حجم نمونه با ضریب اطمینان ۹۵ درصد، توان آزمون ۸۰ درصد، معادل ۲۵۲ نفر به دست آمد.

شرکت کنندگان قبل از ورود به مطالعه از نظر سلامت چشمی و نداشتن عیوب انکساری اصلاح نشده، بررسی و معاینه شدند و با توجه به این که برای اولین بار می خواستند با دستگاه VFM-90.1 آشنا شوند، در ابتدا به زبان خیلی ساده، مبانی تئوریک دستگاه، هدف آزمایش، تفهیم معانی لرزش نور و فلیکر، نحوه اعلام درک لرزش نور به ایشان آموزش داده شد و ابهامات آنان به همراه یک بار آزمایش عملی پاسخ داده و سپس، آزمایشات اصلی انجام شد.

جهت دستیابی به حداکثر تغییرات سطح خستگی چشمی در قبل و بعد از مداخله، قبل از هر آزمایش، حداقل ۱۵ دقیقه کاربر VDT از محیط کار خود جدا شده و هرگونه کار چشمی همانند مشاهده تلویزیون، مطالعه و... برای وی ممنوع شد. سپس اولین مرحله اندازه گیری خستگی چشمی کاربر(per shift) به وسیله پرسش نامه و دستگاه VFM-90.1 انجام شد. در ادامه شرکت کننده به محل کار خود جهت ادامه فعالیت برگردانده شد. بر اساس مطالعه پایلوت، حداقل زمان اشتغال مجدد، برای انجام مرحله دوم آزمایش(After shift) ۶۰ دقیقه در نظر گرفته شد.

جهت اندازه گیری ارزش فلیکر از شرکت کننده تقاضا می شد که چشم خود را در ابتدای قطعه چشمی دستگاه قرار دهد و در ادامه اولین فرکانس(۴۲ هرتز) برای وی ارسال شده و آزمایش شونده به محض احساس پرش نور(Flicker)، کلیدی را که در اختیار داشت فشار می داد. در صورتی که در ابتدای آزمایش، پرش نور توسط آزمایش شونده احساس می گردید، فرکانس اولیه به ۴۵ هرتز و یا بیشتر ارتقاء داده می شد ارزش فلیکر به وسیله دستگاه در دو مرحله و هم زمان با تکمیل پرسش نامه(قبل و بعد از مداخله) اندازه گیری و ثبت شد.

بعد از جمع آوری اطلاعات به وسیله پرسش نامه و دستگاه VFM-90.1، داده ها به نرم افزار آماری SPSS vol.11منتقل شده و برای به دست آوردن نقاط برش(Cut off points) و تعیین نواحی خستگی، از تغییرات امتیاز پرسش نامه و تغییرات ارزش فلیکر(در قبل و بعد از مداخله برای هر فرد) و ترسیم منحنی راک ROC)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

(curve) استفاده شد و سه نقطه برش بهینه(Optimum)، به وسیله محاسبه مقادیر حساسیت(Sensitivity)، ویژگی(Specificity)، سطح زیر منحنی (Area under the curve) و سطح معنی دار(P)، تجزیه و تحلیل و مشخص شدند.

برای محاسبه درصد خطای دستگاه VFM-90.1 از دستگاه اسیلسکوپ(به عنوان استاندارد اولیه) استفاده شد و به وسیله رابطه $E \times \frac{F2-F1}{F2} = 100\%$ درصد خطای دستگاه محاسبه گردید

(E %): میانگین درصد خطاهای محاسبه شده در هر نوبت آزمایش.

(F1): عدد فرکانس نمایشگر دستگاه VFM و (F2): عدد فرکانس همزمان نمایش داده شده در دستگاه اسیلسکوپ.

یافته های پژوهش

حجم نمونه اولیه ۲۵۲ نفر بود ولی بعد از نمونه گیری وکنترل مجدد پرسش نامه ها تعداد ۴ نفر از شرکت کنندگان، به دلیل عدم رعایت معیارهای ورود به مطالعه، از مطالعه آماری حذف شدند و تعداد نمونه های قابل استفاده در محاسبات، به ۲۴۸ نفر کاهش پیدا کرد.

در این مطالعه ۱۶/۱ درصد تحویل دار بانک، ۶/۵ درصد کارمند دبیرخانه، ۳۷/۹ درصد تایپیست، ۲۵/۴ درصد اپراتور مرکز اطلاعات ۱۱۸ و ۵/۲ درصد دانشجو بودند. میانگین و انحراف معیار سن شرکت کنندگان به ترتیب ۳۵/۷ و ۶/۶ سال و میانگین و انحراف معیار شاخص تغییرات CFF برابر(۱/۲۵-) و ۰/۹۹۵ هرتز در رنج(۰ تا ۴/۱-) بود. ۲۴/۶ درصد شرکت کنندگان در این مطالعه مرد و ۷۵/۴ درصد زن بودند. ۲۱/۴ درصد افراد از عینک استفاده می کردند و بقیه افراد فاقد عیوب انکساری چشمی بوده و نیازی به استفاده از عینک طبی نداشتند.

در این مطالعه نمایشگرهای مورد استفاده کاربران، از دو نوع CRT(۳۶/۷ درصد) و LCD(۶۳/۳ درصد) بودند. به طور متوسط فاصله چشم افراد تا نمایشگر ۵۴/۸۴ سانتی متر با انحراف معیار ۱۱/۹۰ به دست آمد. برای محاسبه دقت و به حداقل رساندن درصد خطای دستگاه، در مراحل ساخت و مونتاژ، از دستگاه اسیلسکوپ به عنوان استاندارد اولیه استفاده شد و با استفاده از مقادیر فرکانس نمایش داده شده به وسیله اسیلسکوپ و مقادیر فرکانس خروجی دستگاه VFM90.1 و درصد خطا در چندین مرحله محاسبه شد و با انجام تغییرات در سخت افزار و نرم افزار دستگاه، درصد میانگین خطای دستگاه به حداقل ممکن کاهش داده شد. در نهایت با در نظر گرفتن قدرت تفکیک(Resolution) دستگاه VFM- 90.1 معادل ۰/۱ هرتز، میانگین درصد خطای دستگاه ۰/۸ درصد به دست آمد.

در این مطالعه حداکثر تغییرات امتیاز دستگاه(تغییرات فرکانس) در قبل و بعد از مداخله، (۴/۱-) هرتز محاسبه شد و حداکثر تغییرات خستگی چشمی برآورد شده به وسیله پرسش نامه ۵/۸۳ به دست آمد. خستگی چشمی برآورد شده به وسیله پرسش نامه در مقیاس ۰ تا ۱۰ و تغییرات خستگی چشمی(ارزش فلیکر)، برمبنای هرتز(Hz) محاسبه گردید.

برای تعیین و شناسایی نقاط برش، از اطلاعات گردآوری شده به وسیله پرسش نامه و دستگاه VFM-90.1 و محاسبه شاخص های حساسیت، ویژگی و منحنی های راک استفاده شد. با توجه به این که رنج تغییرات لرزش فلیکر در این مطالعه(بین ۰ تا ۴/۱-) هرتز بود، در اولین قدم، تمامی نقاط موجود در رنج تغییرات دستگاه، از نقطه ۰/۲- هرتز به فاصله ۰/۱ هرتز به عنوان نقطه برش فرض شده و برای هر نقطه منحنی های حساسیت-ویژگی(منحنی راک) ترسیم و سطح زیر منحنی ها و معنی داری آن نقاط، به طور جداگانه بررسی گردید و بر اساس بهترین مقادیر حساسیت-ویژگی و سطوح زیر منحنی، اولین نقطه برش(۰/۵- هرتز) به دست آمد.(جدول شماره ۱)

در گام بعدی، تنها مقادیر فرکانس هایی در دومین آزمون راک وارد شدند که دارای تغییرات ارزش فلیکر کمتر از ۰/۵- هرتز بودند. تمامی نقاط مذکور، به عنوان نقطه برش دوم فرض شده و منحنی راک و مقادیر حساسیت-ویژگی و سطح زیر منحنی برای تمامی اعداد به فاصله ۰/۱ هرتز، محاسبه و نقطه برش دوم، ۲/۲- هرتز مطابق جدول شماره ۲ مشخص شد.

با کمک محاسبات مشابه مراحل قبل و مطابق نتایج مندرج در جدول شماره ۳، نقطه برش سوم دستگاه، نقطه ۳/۴- هرتز به دست آمد.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

جدول شماره ۱. مشخصات نقطه برش(۰/۵-) هرتز و امتیاز ۰/٦٥ پرسش نامه

سطح زیر منحنی	انحراف استاندارد	سطح معنی دار	فاصله اطمینان	
			کرانه پایین	کرانه بالا
۰/۹۶۴	۰/۰۱۱	P<0.001	۰/۹۴۲	۰/۹۸۷

ویژگی	حساسیت	امتیاز پرسش نامه
۰/۱۳۱	۰/۹۲۰	۰/۶۱۸۸
۰/۰۹۸	۰/۹۰۹	۰/۶۴۸۵
۰/۰۸۲	۰/۸۹۳	/۶۶۶۷

جدول شماره ۲. مشخصات نقطه برش(۲/۲-) هرتز و امتیاز ۲/۳٦ پرسش نامه

سطح زیر منحنی	انحراف استاندارد	سطح معنی دار	فاصله اطمینان	
			کرانه پایین	کرانه بالا
۰/۹۲۱	۰/۰۲۷	P<0.001	۰/۸۶۹	۰/۹۷۳

ویژگی	حساسیت	امتیاز پرسش نامه
۰/۱۳۲	۰/۹۰۹	÷۲/۳۳۷
۰/۱۲۵	۰/۹۰۹	۲/۳۶۲
۰/۱۲۵	۰/۸۸۶	۲/۴۳۷
۰/۱۲۵	۰/۸۶۴	۲/۵۰۴

جدول شماره ۳. مشخصات نقطه برش(۳/٤-) هرتز و امتیاز ۳/۸۸ پرسش نامه

سطح زیر منحنی	انحراف استاندارد	سطح معنی دار	فاصله اطمینان	
			کرانه پایین	کرانه بالا
۰/۹۵۵	۰/۰۳۳	P<0.001	۰/۸۹۰	۱/۰۲۰

ویژگی	حساسیت	امتیاز پرسش نامه
۰/۰۶۹	۰/۸۴۶	۳/۷۶۴
۰/۰۳۴	۰/۸۴۶	۳/۷۷۹
۰.۰۰	۰/۸۴۶	۳/۸۸۹

جدول شماره ٤. نتایج حاصل از آزمون های حساسیت-ویژگی و تعیین نواحی خستگی چشمی

نواحی خستگی چشمی بر حسب تغییرات فرکانس دستگاه	حساسیت	ویژگی	نقاط برش محاسبه شده (پرسش نامه)	نقاط برش محاسبه شده (دستگاه (Hz))
بدون خستگی (-۰/۵≤)Hz	۰/۹۰۹	۰/۹۰۲	۰/۶۵	-۰/۵
خستگی کم (-۲/۲ تا ۰/۶-)Hz	۰/۹۰۹	۰/۸۷۵	۲/۳۶	-۲/۲
خستگی متوسط (-۲/۳ تا-۳/۴)Hz	۰/۸۴۶	۱/۰۰	۳/۸۸	-۳/۴
خستگی شدید (-۳/۵ ≥)Hz	۰/۸۳۳	۰/۹۶۷	۳/۸۹	-۳/۵

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

بحث و نتیجه گیری

امروزه ساخت و یا ارتقاء ابزارهای اندازه گیری خستگی در حال توسعه بوده و تاکنون ابزارهای متعددی برای اندازه گیری شدت و میزان خستگی به صورت تک بعدی یا چند بعدی تهیه شده است،(۲۲). در مطالعه ای که توسط Sin-chieh و همکاران(۲۰۰۷) بر روی سه نوع نمایشگر متداول در چین با هدف بررسی تاثیر نمایشگرهای مختلف بر میزان خستگی چشمی، عملکرد بینایی و رضایت ذهنی انجام شد، شرکت کنندگان به مدت ۱۰۰ دقیقه متن هایی را با نمایشگرهای مختلف مطالعه کردند در پایان نتایج نشان داد، در زمان هایی که خواندن متن از روی PAD انجام می شد خستگی چشمی نسبت به دو نمایشگر دیگر به صورت معنی داری بیشتر بود. ارزیابی خستگی چشمی در این تحقیق به وسیله اندازه گیری فاکتورCFF قبل و بعد از آزمایش انجام شد،(۲۳). با توجه به محدودیت ابزار به کارگیری شده در آن مطالعه، امکان تعیین سطوح خستگی چشمی به صورت کمی یا کیفی وجود نداشته است.

در مطالعه دیگری در سال ۲۰۰۸ اثرات سطوح مات، روشنایی محیط و درجه خمیدگی نمایشگرها بر میزان خوانایی متن های الکترونیکی و رابطه آن ها با ایجاد خستگی چشمی بررسی گردید. نتایج نشان داد که سطوح روکش دار مات شده، به صورت معنی داری، موجب راحتی در خواندن متن ها و کاهش میزان خستگی چشمی می شود. (در روشنایی بیش از ۲۰۰ لوکس) در این مطالعه خستگی چشمی هم زمان به وسیله تغییرات CFF و پرسش نامه ۶ سوالی با مقیاس ده تایی اندازه گیری شد،(۱۵). ابزارهای به کارگیری شده در این مطالعه قابلیت تعیین سطح خستگی چشمی را نداشته و نتایج فقط به صورت نسبی بیان شده است.

در مطالعه دیگری که بر روی شاغلین مرکز اطلاعات ۱۱۸ در سال ۲۰۰۷ انجام شد رابطه خستگی چشمی و ناراحتی گردن- شانه ها به وسیله پرسش نامه ارزیابی شد. نتایج حاکی از آن است که رابطه مثبت و معنی داری بین ناراحتی گردن- شانه و فشارهای چشمی وجود دارد،(۲۴). این مطالعه فقط توانسته رابطه را تائید کند و توانایی تعیین سطوح خستگی چشمی را نداشته است.

دستگاه سنجش تغییرات خستگی چشمی VFM-90.1 یک ابزار آزمایشگاه ارگونومی تلقی می شود،(۲۱)، که می تواند بر اساس سنجش تغییرات یک پارامتر فیزیولوژیک انسانی(CFF change)، میزان فشار ناشی از یک بار کاری معین را بر چشم و سیستم بینایی به صورت کمی و کیفی بیان کند و می تواند به صورت عینی میزان خستگی چشمی را برآورد نماید. این دستگاه اولین ابزاری است که با استفاده از نتایج مطالعات خستگی چشمی کاربران VDT و پرسش نامه مربوطه ساخته و اعتبارسنجی شده است و نتایج آن از دقت و صحت علمی قابل قبولی برخوردار بوده و با تعیین سطحی که برای آن به دست آمد می توان از آن برای ساخت و اعتبارسنجی پرسش نامه ها در سایر مشاغل نیز استفاده کرد. هم چنین این دستگاه ابزاری مناسب برای اظهارنظر متخصصین بهداشت حرفه ای در مورد مناسب بودن عوامل موثر بر ایجاد خستگی چشمی می باشد.

از دلایل انتخاب و استفاده از پرسش نامه سنجش خستگی بینایی کاربران پایانه های تصویری برای بررسی نتایج دستگاه و استفاده از آن برای محاسبات آماری تعیین نقاط برش خستگی چشمی می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱-پرسش نامه مذکور دارای ۱۵ سوال است و از روایی و اعتبار قابل قبول علمی برخوردار بوده و نسبت به پرسش نامه های مشابه از جمله پرسش نامه ۲۸ گزینه ای Kuze و همکاران سریع تر و ساده تر پاسخ داده می شود. از طرفی پرسش نامه هایی با داشتن سوالات کمتر همانند پرسش نامه Heuer امکان دارد به صورت کامل و جامع نتواند علائم خستگی چشمی را پوشش دهد. از سوی دیگر در طراحی این پرسش نامه تمامی محاسن و معایب پرسش نامه های قبلی مدنظر طراح قرار گرفته بود.(۶)

۲-پایایی(ضریب آلفای کرونباخ) پرسش نامه به کارگیری شده، معادل ۰/۷۵ است و هم چنین پرسش نامه از انسجام داخلی لازم برخوردار بوده($r<0/5$ ۰/۲۵) و سوالات آن تمیز دهنده هستند و حیطه های درونی آن با هم هم پوشانی ندارند.(۶)

قابل ذکر است که برای هیچ یک از دو ابزار فوق، در تحقیقات و منابع علمی پیش از این مطالعه، نقاط برش خستگی چشمی، مشخص نشده بود. به همین دلیل از محاسبات آماری و مقادیر حساسیت، ویژگی و ترسیم منحنی راک استفاده شد و نقاط برش و نواحی خستگی چشمی تعیین گردید. اولین نقطه برش، ۰/۵- هرتز بود که بر اساس جدول شماره ۴ معادل امتیاز ۰/۶۵ پرسش نامه می باشد. مقادیر کمتر یا مساوی ۰/۵- هرتز ناحیه بدون خستگی را نشان می دهند. دومین نقطه برش محاسبه شده، ۲/۲- هرتز بود که بر اساس جدول شماره ۴ معادل امتیاز

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

۲/۳۶ پرسش نامه می باشد. فرکانس های کمتر از ۰/۵- هرتز تا نقطه ۲/۲- ناحیه خستگی کم را نشان می دهند. با استفاده از روش مشابه نقطه برش سوم ۳/۴- هرتز تعیین شد که معادل امتیاز ۳/۸۸ پرسش نامه می باشد. ناحیه بین نقاط ۲/۳- هرتز تا ۳/۴- هرتز، خستگی متوسط را نشان می دهد و مقادیر کمتر از ۳/۴- هرتز، ناحیه خستگی شدید را معین می کنند.

نتایج هم زمان ارزیابی و ثبت نتایج تغییرات خستگی چشمی(در قبل و بعد از آزمایش) به وسیله دو ابزار نشان دهنده همبستگی منفی نتایج می باشد($r= -0/87$ و $P<0.001$) یعنی هر چقدر نمره حاصل از نتایج پرسش نامه بیشتر می شود در مقابل ارزش فلیکر فرد، به سمت فرکانس های پایین تر تنزل می یابد و این همبستگی نشان می دهد که هر دو ابزار سنجش تغییرات خستگی چشمی به خوبی می توانند میزان تغییرات خستگی چشمی را ارزیابی کنند.

در این مطالعه برای تعیین سطح کمی و کیفی خستگی چشمی از آزمون های آماری پیچیده ای استفاده شد(به دلیل این که پرسش نامه و دستگاه فاقد سطح بندی نتایج بودند) و هم زمان با استفاده از نتایج این مطالعه هر دو ابزار کمی و کیفی سازی شدند. لازم است به این نکته اشاره شود که برای استانداردسازی پرسش نامه های سنجش خستگی چشمی در مشاغل و محیط های کاری مختلف با در اختیار داشتن دستگاه فعلی(VFM-90.1) می توان با سرعت و دقت بیشتری و با انجام محاسبات آماری ساده تری پرسش نامه های خستگی چشمی را اعتبارسنجی نمود و از این دستگاه به عنوان یک استاندارد اولیه جهت استاندارد سازی ابزارهای مرتبط با خستگی چشمی استفاده کرد و مجموعه اثرات عوامل موثر بر دقت و خستگی چشمی را(همانند تغییرات رنگ و فرکانس نور منابع روشنایی طبیعی و مصنوعی، شدت روشنایی محیط کار، میزان درخشندگی نمایشگرها و سطوح، انتخاب نمایشگر مناسب، طراحی محیط کار و فواصل مناسب استقرار نمایشگرها، ساعات کار مناسب و...) به صورت عینی و کلی ارزیابی نمود. بدیهی است این دستگاه یک ابزار آزمایشگاهی در علم ارگونومی تلقی شده و این امکان را فراهم می سازد تا از نتایج ارزیابی های آن در جهت طراحی مناسب و ایمن محیط کار، کاهش حوادث صنعتی و ترافیکی و... استفاده گردد. از مزایای این دستگاه باید به کم هزینه بودن آن در تولید انبوه و سادگی کاربرد و کاربردی بودن آن در آزمایشگاه های ارگونومی اشاره کرد.

سپاسگزاری

بدین وسلیه نویسندگان برخود لازم می دانند از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و همکاری دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد و نیز کلیه شرکت کنندگان در این مطالعه، تشکر و قدردانی نمایند

References

1.American academy of ophthalmology, pediatric ophthalmology and strabismus. 6th ed. The United States Of America; 2002-2003. P. 13-8.

2.American academy of ophthalmology , refraction, optics , refraction and contact lenses. 3th ed. The United States Of America; 2002-2003. P. 432.

3.Ukai K, Howarth PA. Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: Background, theories, and observations. Displays 2008;29(2):106-16.

4.Shahraminia NA. [Evaluate possible solutions to reduce accidents caused by driver fatigue.] J Med Mashhad 2011;4:12-7.(Persian)

5.Iop A, Manfredi A, Bonura S. Fatigue in cancer patients receiving chemotherapy: an analysis of published studies. Ann Oncol 2004;15(5):712-6.

6.Habibi E, Pourabdian S, Rajabi H, Dehghan H, Maracy MR. Development and validation of a visual fatigue questionnaire for video display terminal users. Health Sys Res 2011;7:132-8.

7.Barnes E, Bruera E. Fatigue in patients with advanced cancer: a review. Int J Gynecol Can 2002;12(5):424-7.

8.Anshel J. Visual ergonomics in the workplace. AAOHN J 2007;55:414-20.

9.Rajeev AG, Sharma M. Visual fatigue and computer use among college students. Indian J Comm Med 2006;30:193-3.

10.Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee RW. Computer vision syndrome: a review. Surv Ophthalmol 2005;50:253-62.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

11.ISO. Safety reducing the incidence of undesirable biomedical effects caused by visual image sequences. ISO IWA3; 2005.
12.Kazuhiko Ukai PAH. Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion Images. J Med Care 2008;29:106-16.
13.Kang YY, Wang MJJ, Lin R. Usability evaluation of e-books. Displays 2009; 30:49-52.
14.Abolfazli A. [Laboratory of Industrial Ergonomics.] Tehran: Jam-e-Jam; 2004. (Persian)
15.Lin PH, Lin YT, Hwang SL, Jeng SC, Liao CC. Effects of anti-glare surface treatment, ambient illumination and bending curvature on legibility and visual fatigue of electronic papers. Displays 2008;29:25-32.
16.Lin CJ, Feng WY, Chao CJ, Tseng FY. Effects of VDT workstation lighting conditions on operator visual workload. Industr Health 2008;46:105-11.
17.Wu SP, Yang CH, Ho CP, Jane DH. VDT screen height and inclination effects on visual and musculoskeletal discomfort for Chinese wheelchair users with spinal cord injuries. Industr Health 2009;47:89-93.
18.Raw B. E-book; an uncertain future. Tech Notes: American Library Association; 2004.
17.Carlson S. Students complain about devices for reading E-book. Study Finds: The Chronicle of Higher Education; 2002.
19.Boss RW. E-book; an uncertain future. Tech Notes: American Library Association; 2004.
20.Abolfazli A. [Laboratory of Industrial Ergonomics.] 1th ed. tehran: Jam-e-JAM; 2004. (Persian)
21.Hjollund NH, Andersen JH, Bech P. Assessment of fatigue in chronic disease: a bibliographic study of fatigue measurement scales. Health Qual Life Outcome 2007; 5:12-8.
22.Wu HC, Lee CL, Lin CT. Ergonomic evaluation of three popular Chinese e-book displays for prolonged reading. Int J Industr Ergonom 2007;37:761-70.
23.Wiholm C, Richter H, Mathiassen SE, Toomingas A. Associations between eyestrain and neck-shoulder symptoms among call-center operators. Scand J Work Environ Health Suppl 2007;33:54-9.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

Development and Validation of a Laboratory Instrument for Measuring Visual Fatigue Variations

Habibi E[1], Rajabi vardanjani H[2], Dehghan H[1]*

(Recived: November 8, 2013 Accepted: February 23, 2014)

Abstract

Introduction: Visual fatigue could decrease precision and increase human error, hence declining productivity. Development of ergonomic laboratory instruments for diagnosing, evaluating, and monitoring visual fatigue could help enhance productivity in different occupations. This study aimed to develop and validate the laboratory instrument for measuring visual fatigue variations (VFM-90.1).

Materials & Method: VFM-90.1 was designed and programmed based on registering changes in Flicker value. Then a cross sectional study was done to validate the instrument and 248 users of video display terminals (VDT) were enrolled and a visual fatigue questionnaire of VDT users was used. For measuring error of the instrument, an oscilloscope was used as an initial standard and data were simultaneously gathered both through questionnaires and the instrument. Subsequently, SPSS (version 11.5) software was employed to analyze the data, calculate sensitivity and specificity values and receiver operating characteristic (ROC) curve. In this way, the areas of visual fatigue were obtained.

Findings: VFM-90.1 had the resolution of 0.1 Hz and average error of 0.8%. The maximum changes in flicker value and questionnaire score (prior to and after intervention) was calculated to be -4.1 (in Hz) and 5.83 (in 0-10 scale), respectively. Correlation between results of the instrument and questionnaire was -0.87 and the cutoff points at -0.5, -2.2, and -3.4 Hz values were defined as none, low, and moderate visual fatigue areas, respectively. The values less than -3.4 Hz were assigned to indicate severe visual fatigue area.

Discussion & Conclusion: VFM-90.1 is the first instrument that can estimate visual fatigue variations using a biologic index and scientifically has adequate precision and authenticity. This instrument could be used as an initial standard instrument in ergonomic laboratories to evaluate and interpret factors affecting visual fatigue. So, an effective measure could be taken to enhance ergonomic and occupational health.

Keyword: VFM90.1, visual fatigue, VDT users, flicker value

1.Dept of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran
2.Incubator Center of Health Technology, Shahrekord University of Medical Science, Shahrekord, Iran
** (Corresponding author)*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]