مقاله

بررسی تأثیر ارتعاشات ناشی از حرکات شناورهای تندرو بر عملکرد و سلامتی انسان

مسلم نجفی
دانشکدهٔ مهندسی مکانیک
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب
moslem.najafi85@yahoo.com

میلاد نورآبادی
مرکز تحقیقات کامپوزیت، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۴

چکیده

در این مقاله اثر ارتعاشات ناشی از حرکات شناورهای تندرو بر عملکرد و سلامتی انسان مطالعه شده است. در شناورهای تندرو، ارتعاشات مکانیکی وارد بر بدن انسان از برهمکنش حرکات جسم و سیال (نظیر پدیدهٔ کوبش) و ارتعاشات هارمونیک سازه حاصل از منابع تأمین انرژی مانند موتورها و سیستم رانش ناشی می‌گردد. نوسانات تکراری نظیر ضربات مکرر بدنهٔ شناور در دریا علاوه بر خستگی، عامل بالقوه‌ای در ایجاد صدمه‌دیدگی، تنش‌های روانی و کاهش کیفیت عملکرد در خدمه و مسافران خواهد بود. علاوه بر موارد فوق، در ارتعاشات با فرکانس‌های بالا باید اثر ایجاد نوفه و کاهش شنوایی نیز بررسی شود. عموماً در ارتعاشات با فرکانس پایین (زیر ۰/۵ هرتز) وقوع دریازدگی و ایجاد مشکلات عصبی محتمل است. اما در ارتعاشات با فرکانس‌های بالاتر از ۱ هرتز معمولاً دریازدگی، تهوع و بیماری‌های ناشی از حرکت اتفاق نمی‌افتد و ایجاد اختلال در وظایف و فعالیت‌ها به شکل‌هایی چون شتاب‌زدگی، بی‌نظمی و خستگی همچنین ایجاد دردهای ناحیهٔ پشت و کمر در سرنشینان دیده خواهد شد.

واژگان کلیدی: ارتعاشات، شناورهای تندرو، سلامتی، انسان

۱. مقدمه

امروزه پیشرفت‌های وسیعی در فناوری‌های ساخت و افزایش سرعت در شناورهای تندرو[1] به‌وجود آمده است. با افزایش استفاده از این شناورها در کاربردهای تجاری، ورزشی، امداد و نجات و نظامی، تأثیر حرکات شناورهای تندرو بر مسافران و خدمه به زمینهٔ مورد علاقه طراحان و کاربرهای این شناورها مبدل شده است. با توجه به اینکه موضوع قرارگرفتن انسان در معرض ارتعاشات دربرگیرندهٔ طیف وسیعی از موضوعات رشته‌های گوناگون پژوهش همچون پزشکی، روان‌شناسی و مهندسی است، تاکنون تحقیقات جامعی در حوزهٔ برهمکنش ارتعاشات این شناورها و انسان انجام نشده است. به‌طور مثال، استانداردهای موجود در زمینهٔ ارتعاشات مکانیکی وارد بر کل بدن[2] در

دریا اغلب براساس داده‌های انسانی پراکنده به‌دست آمده است که از مطالعات ارتعاشات سینوسی یا هارمونیک کل بدن حاصل گشته و به‌طور عمده جهت ارزیابی برهمکنش حرکات نسبتاً کوچک انسان در کشتی‌های بزرگ و با سرعت‌های پایین قابل ارجاع است.

به‌علت پتانسیل بالای آسیب‌دیدگی علاوه بر اختلال در عملکرد، تعیین طیف ضربه در شناورهای تندرو در حالات خاص، به‌عنوان مثال در دریای خشن و یا اندکی متلاطم[۳]، بسیار با اهمیت است. در سال ۲۰۰۰ م، مرکز تحقیقات بهداشت دریایی کانادا مطالعاتی دربارهٔ خدمهٔ شناورهای تندرو انجام داد. از افراد مورد بررسی، ۶۵ درصد یک یا چند بار دچار صدمه‌دیدگی شده بودند که نیاز به بستری‌شدن در بیمارستان داشتند، که از میان ۹۵ درصد از این آسیب‌ها به عملیات شناور مربوط می‌شد. اشتاینر مطالعاتی در ارتباط با ارتعاشات کل بدن و ارتباط آن با پیشرفت کمردرد انجام داد [۱]. نیکرک و بارنارد تحقیقاتی در رابطه با آسیب به کمر، کلیه‌ها و گردن، همچنین کوفتگی داخل ران، انجام دادند [۲]. انساین و همکاران به بررسی وضعیت جسمانی کاربرهای شناور تندرو در نیروی دریایی ایالات متحده پرداختند و گزارش‌های مختلفی از صدمات نظیر بروز درد شکمی، پارگی رباط، شکستگی استخوان‌ها و آسیب به ارگان‌های داخلی فراهم نمودند [۳]. با توجه به نتایج این تحقیقات حتی در آرام‌ترین شرایط دریایی، خستگی روحی و جسمی به وقوع می‌پیوندد [۴].

در یک شناور تندروی در حال حرکت، کارکنان هنگامی در معرض ارتعاشات قرار می‌گیرند که روی یک صندلی مرتعش و در تماس با پشتی صندلی قرار گیرند و یا روی عرشهٔ مرتعش ایستاده باشند. ارتعاشات مکانیکی وارد بر بدن انسان (به‌خصوص در راستای محور عمودی، لرزش کاربر یا مسافران در حالت نشسته و یا ایستاده در شناورها) در فرکانس‌های بالاتر از ۱ هرتز با بیماری حرکت همراه نیست و به‌طور معمول به‌عنوان ارتعاش همراه با ناراحتی‌های فیزیکی بسته به بزرگی و مدت زمان ارتعاش مطرح می‌گردد. این ناراحتی‌های فیزیکی می‌توانند عملکرد را از طریق اختلال مکانیکی مستقیم بین انسان و فعالیت، تحت تأثیر قرار دهند. اثر یاد شده آنی، ثابت، و بسیار وابسته به فرکانس است.

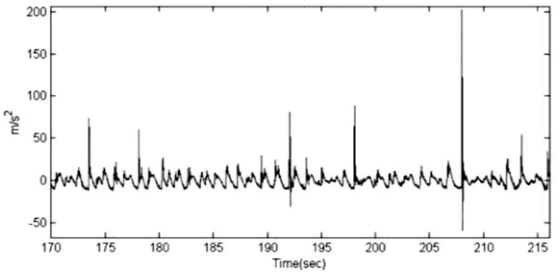
میزان قرارگرفتن در معرض ارتعاش به تعدادی از عوامل، از جمله نوع و طراحی شناور تندرو، سرعت دریانوردی شناور، شرایط محیطی و وضعیت بدن بستگی دارد. ارتعاشات انتقالی، و یا ارتعاشات خطی، به‌طور کلی در جهت جلو به عقب (محور x) ، جانبی (سمت راست به سمت چپ محور y) و عمودی (محور z) اندازه‌گیری می‌شوند. ارتعاشات دورانی، که حول سه محور رخ می‌دهند، تحت عنوان رول[۴] (حول محور x)، پیچ[۵] (حول محور y) و یا[۶] (حول محور z) رخ می‌دهد. شتاب ناگهانی و با مقادیر بالا تحت عنوان ضربه شناخته می‌شود. طیف وسیعی از فرکانس‌ها که اغلب با ارتعاش کل بدن همراه است در حدود ۰،۵ هرتز تا ۱۰۰ هرتز خواهد بود [۵] که در این مقاله با توجه به اهمیت بحث، همهٔ این حالت‌ها مورد بحث قرار گرفته است. از اهداف اساسی مقاله، ارائهٔ نگاهی ویژه در حوزهٔ مربوط به طراحی شناورهای تندرو با محوریت سلامت انسان است.

۲. توصیف حرکات شناورهای تندرو

کاربرهای شناورهای تندرو به دو شکل با محیط خشن دینامیکی مواجه می‌شوند. این محیط‌ها به‌طور خلاصه، یا شامل محیطی‌اند که عمدتاً توسط ضربه‌های مکرر و یا ارتعاشات گذرا توصیف می‌گردد (به‌عنوان مثال ضربات موج وارد بر شناورهای تندرو) و یا شامل محیطی‌اند که به‌صورت ذاتی دارای حرکات سینوسی است و در آن ضربه‌های گاه‌به‌گاه یا ارتعاشات گذرا وجود دارد. شناورهای تندرو به‌ندرت در معرض ارتعاشات منظم (یعنی سینوسی) قرار می‌گیرند. این در حالی است که مرجع اکثر تحقیقات ارتعاشات کل بدن، برای بررسی پاسخ انسان ارتعاشات سینوسی می‌باشد. شناورهای تندرو ممکن است در صورت عملیات در شرایط کم‌خطر، دچار ارتعاشات سینوسی شوند،

اما به‌طور کلی حرکات آنها اتفاقی بوده و ممکن است به عنوان مجموعه‌ای از ضربات تکرار شونده در فواصل نامنظم رخ دهد. بنابراین ممکن است که تجزیه و تحلیل ارتعاشات به سبک سنتی برای حرکت در محیطی با ضربات تصادفی مناسب نباشد.

محیط‌های عملیاتی که دارای ضربه‌های مکرر و ارتعاشات کل بدن هستند اثرات مضری نظیر کاهش اثربخشی عملیاتی و آمادگی خدمه و مسافران دارند. این اثر به‌طور معمول در دو حالت توصیف می‌گردد: عملکرد خدمه و مسافر (مانند حرکت منجر به خستگی) و افزایش خطر ابتلا به آسیب‌های حاد و مزمن. شکل ۱ نمونه‌ای از شتاب‌های عمودی واقع بر عرشهٔ نوعی قایق بادی محکم[۷] در طول دریانوردی با سرعت ۴۰ گره دریایی و در فورس دریانوردی ۱–۲ را نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که شتاب عمده و غالب 2g و اوج شتاب 20g می‌باشد.



شکل ۱. شتاب‌های عمودی واقع بر عرشهٔ قایق بادی محکم در طول دریانوردی با سرعت ۴۰ گره دریایی و در فورس دریانوردی ۱–۲ [۶]

۲–۱. اهمیت بررسی شتاب در درجات آزادی مختلف

اگرچه به‌طور کلی شتاب عمودی وارد بر عرشهٔ شناورهای تندرو از بالاترین مقدار برخوردار است، باید توجه داشت که شتاب جانبی و طولی نیز می‌توانند دارای مقادیر بزرگی باشند (شکل ۲– الف). وارد شدن چنین شتاب‌هایی بر خدمه و مسافران، باعث تلاش مداوم آنها جهت حفظ استقرار خود شده و جابه‌جایی ارادی آنها از صندلی خود را ناممکن می‌سازد. همچنین، خدمه شناورهای تندرو ابراز می‌دارند که شتاب طولی و به ویژه شتاب جانبی منجر به ایجاد ناراحتی‌های خاصی می‌گردد که تحمل‌شان بسیار طاقت‌فرساست [۷]. علاوه بر ارتعاش خطی، شناورهای تندرو در معرض سطوح بالایی از حرکات دورانی پیچ، رول و یا قرار دارند (شکل ۲– ب).

(الف)

(ب)

شکل۲. الف) فرود شناور پرسرعت بر دیوارهٔ جانبی خود و شکل‌گیری مقادیر قابل توجهی از مؤلفه جانبی شتاب g_x علاوه بر مؤلفه قائم g_z، ب) رول شناور پرسرعت در شرایط دریایی اندکی متلاطم

شتاب‌های دورانی برای سرنشینان شناورهای تندرو بسیار ناراحت‌کننده است و سطح بالایی از واکنش‌های عضلانی را برای حفظ ثبات و تعادل فرد درپی خواهد داشت. این حجم بالای کار فیزیکی، ممکن است یکی از علل خستگی سرنشینان شناورهای تندرو باشد. علاوه بر این، در حرکات دورانی پیچ و رول همراه با یا احتمال بروز حالت تهوع

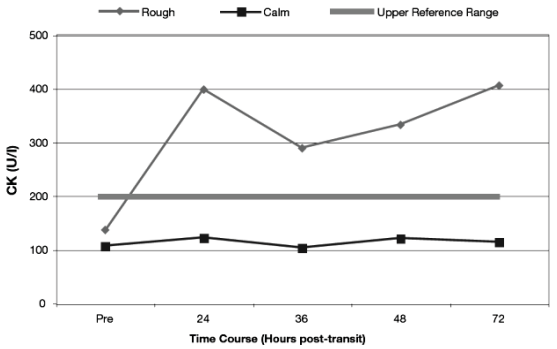
بسیار زیاد است. لذا ارزیابی اثر ارتعاشات بر سلامت انسان باید به‌طور مستقل برای هر محور انجام شده و بیشینه فرکانس به‌عنوان شاخص برای هر یک از محورهای صندلی یا نشیمنگاه تعیین گردد. در شناورهای تندرو، برایند آثار حالت‌های گوناگون ایستادن در یک سفر دریایی می‌تواند به آسیب‌هایی از نوع ورزشی (به‌عنوان مثال پارگی رباط) منجر گردد.

۳. پاسخ انسان به ارتعاشات کل بدن

انسان عمدتاً در طول حمل و نقل دریایی در معرض ارتعاشات کل بدن خواهد بود. سطح تحمل افراد تا حد زیادی بستگی به محیط دریایی و نوع فعالیت در این محیط خواهد داشت. برای مثال به احتمال زیاد مقادیر ارتعاشات در یک شناور تندروی گشتی و در دریای خشن بسیار بیشتر از یک شناور مسافربری تجملاتی با امکانات کنترل ارتعاشات است. پاسخ انسان به قرارگرفتن در معرض ارتعاشات کل بدن را می‌توان بر حسب مقوله‌های روانی یا فیزیولوژیک، موقت یا مزمن طبقه‌بندی نمود. پتانسیل افزایش سرعت در شناورهای تندروی کوچک، به علت بهبود در سیستم‌های رانش، احتمال قرارگیری خدمه و مسافران را در معرض ضربه های مکرر و ارتعاشات تمام بدن را افزایش داده است. شناورهای تندرو در شرایط محیطی ناهموار در هر حالت از حمل و نقل، خدمه و مسافران را در معرض انواع ضربه های مکانیکی و لرزش قرار می‌دهند. از اثرات جانبی این موضوع، خستگی ناشی از حرکت و در نتیجه کاهش عملکرد (به عنوان مثال پس از سفر دریایی)، آسیب‌های حاد و مزمن و کاهش هوشیاری لحظه‌ای[۸] است.

۳-۱. خستگی و ناراحتی ناشی از حرکت

قرارگرفتن انسان در معرض ارتعاشات به صورت مداوم در طی یک دوره زمانی طولانی و یا در اوج مقادیر، بدون سپری کردن دوره ترمیم کافی یک اثر مکانیکی مستقیم، یعنی پایین آمدن ظرفیت کار (فیزیکی و شناختی) را در پی‌خواهد داشت. این پدیده، با نام خستگی ناشی از حرکت[۹] شناخته می‌شود. سنجه بیوشیمیایی آسیب عضله، کراتین کیناز[۱۰]، قبل و ۷۲ ساعت پس از یک سفر دریایی توسط یک شناور تندرو اندازه‌گیری شده است [۸]. نتایج نشان می‌دهد که سطوح کراتین کیناز در شرایط خشن دریانوردی افزایش می‌یابد، که در آن حرکات شناورهای تندرو با ضربه‌های مکرر عمودی آسیب‌هایی را به عضلات وارد می‌سازد. این سطوح افزایش کراتین کیناز به طور همزمان با افزایش سطح درد در اکثر افراد مورد آزمایش قابل مشاهده است (شکل ۳).



شکل ۳. میانگین پاسخ زمانی سنجهٔ بیوشیمیایی آسیب عضلانی (کراتین کیناز) پس از دریانوردی قایق بادی محکم در فورس دریانوردی ۱-۲ [۸]

۳-۱-۱. تأثیر بزرگی و فرکانس ارتعاش

افزایش دامنه ارتعاش به ناراحتی بیشتر منجر می‌شود. واکنش‌های احتمالی به بزرگی‌های متفاوت ارتعاشات در جدول ۱ نشان داده شده است (ISO 2631-1). سطح خستگی و ناراحتی ناشی از فرکانس‌های مختلف با بزرگی‌های یکسان ارتعاشات، یکسان نیست. اثرات ترکیب بزرگی و فرکانس ارتعاش بر ناراحتی توسط بسیاری از محققان مورد مطالعه قرار گرفته است [۹]. رشد در احساس ارتعاش ψ، با افزایش بزرگی ارتعاش φ، تقریباً با قانون توانی استیون، که به شکل زیر بیان می‌گردد تطابق دارد. k ثابتی است که به سیستم واحدها بستگی دارد و n یک تابع رشد وابسته به فرکانس است.

$$\psi = k\varphi^n \qquad (۱)$$

رافل و گریفین ناراحتی‌های ناشی از ارتعاشات مختلف با بزرگی و مدت زمان متفاوت را برای ارتعاش عمودی

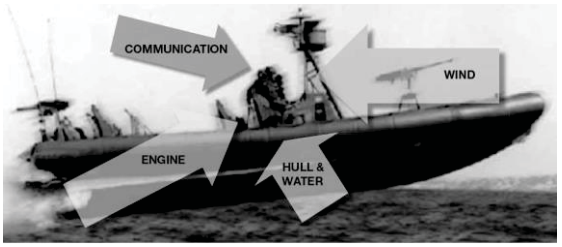
سینوسی ۱ و ۲ هرتز مورد مطالعه قرار دادند. بزرگی ارتعاش در محدوده معین بین ۰/۶۳ تا ۱/۶ متر بر مجذور ثانیه و مدت زمان در معرض قرار گرفتن از ۱ تا ۶۰ ثانیه بود. برای هر دو فرکانس و بزرگی ارتعاش، سطوحی از ناراحتی به طور کلی با مدت زمان افزایش یافت. به استثنای ترکیب بزرگی و مدت زمان (۰/۶۳ متر بر مجذور ثانیه و ۱ ثانیه) که تفاوت خاصی بین پاسخ ارتعاش ۱ و ۲ هرتز مشاهده نگردید [۱۰].

۳-۲. کاهش سطح عملکرد

حرکات شناورهای تندرو می‌تواند باعث برهم‌خوردن تعادل افراد شده و در نتیجه نفرات برای انجام وظایف خود زمان بیشتری صرف می‌کنند. این موضوع تحت عنوان وقفه ناشی از حرکت[11] شناخته می‌شود. نوفه و ارتعاش تأثیرات شناخته‌شده‌ای در عملکرد شناختی، شنوایی و بینایی انسان دارند. حرکات تولیدشده توسط ارتعاشات همچنین می‌توانند توانایی فرد در انجام وظایف را تحت تأثیر قرار دهند. در یک شناور تندرو، عملکرد هوشمندانه و سریع و ارتباط روشن بین خدمه امری ضروری است. بنابراین، درک این که ارتعاشات مکانیکی چگونه توانایی انسان برای انجام وظایف خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد ضروری است.

۳-۲-۱. تأثیرات نوفه

در شناورهای تندرو منابع نوفه شامل برهمکنش آب و بدنه، موتور و سیستم رانش، باد و سیستم ارتباطاتی است (شکل ۴). ترازهای بیش از حد نوفه در شناورهای تندرو شامل دو ریسک است. اول، افزایش ریسک‌های سلامتی و دوم، ایجاد نابسامانی در ارتباطات خدمه و تجهیزات رادیویی. نوفه همچنین به‌عنوان یک عامل مزاحم، به‌طور غیرمستقیم در انجام وظایف خدمه ایجاد نابسامانی می‌کند. همچنین نوفه‌های دارای فرکانس پایین می‌توانند یک مؤلفه خاص ارتعاشی به همراه داشته باشند. نوفه و یا صداهای ناخواسته نیز می‌توانند ارتباطات گفتاری و تمرکزی را مختل کنند. اثرات ارتعاش بر کاهش موقت شنوایی مورد مطالعات زیادی قرار گرفته است. مطالعات انجام شده نشان داده است که از دست دادن شنوایی به دلیل فرکانس‌های پایین در افرادی که به طور همزمان در معرض نوفه و ارتعاش قرار گرفته‌اند بسیار شدید است [۱۱]. اوکادا و همکارانش به مطالعه اثر نوفه و ارتعاش، به طور جداگانه و در ترکیب با یکدیگر، بر روی شنوایی پنج نفر نمونه مرد پرداختند. بررسی نتایج نشان داد که ارتعاش ۵ هرتز با شتاب ۵ متر بر مجذور ثانیه باعث انتقال آستانه بیش از ۷ دسی‌بل در ۱ و ۴ کیلوهرتز پس از مدت زمان ۶۰ دقیقه خواهد شد. ارتعاش ۵ هرتز به دلیل آن که تقریباً با فرکانس تشدید بدن انسان برابر است قابل توجه می‌باشد. فرکانس‌های دیگر ارتعاش (نظیر ۲، ۱۰ و ۲۰ هرتز) موجب مقادیر کمتری از انتقال آستانه خواهند بود [۱۲].



شکل ٤. نمایش منابع نوفه و قرارگیری خدمه
و مسافران شناورهای تندرو در معرض آن

جهت بررسی واکنش به ترکیب نوفه و ارتعاش، واکنش‌های عاطفی بیست نفر تحت تأثیر ۱۸ ترکیب از نوفه و ارتعاش در حالی که روی صندلی یک محیط آزمایشگاهی نشسته بودند مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۲]. دو فرکانس ارتعاش مختلف (۱۶ و ۹۵ هرتز) در جهت جانبی مورد استفاده قرار گرفت. پاسخ افراد در شرایط فوق به شکل فعالیت (انگیختگی)، ظرفیت (خوشایندی و ناخوشایندی) و اولویت مورد بررسی قرار گرفت. خلاصه کلی از ترکیب فعالیت ظرفیت و واکنش‌های عاطفی مربوط به آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. شدیدترین واکنش منفی هنگامی رخ

داد که صدای ناخوشایند با ارتعاش ۱۶ هرتزی ترکیب شد. با این حال، صداهای خوشایند هنگامی که با ارتعاش ۹۵ هرتز ترکیب شد ناخوشایند به گوش می‌رسید. در نتیجه مقیاس واحد برای ناراحتی یا آسایش کافی نیست و ترکیبی از ظرفیت و فعالیت ناشی از حرکت شناور، کیفیت سواری را تعیین می‌نماید.

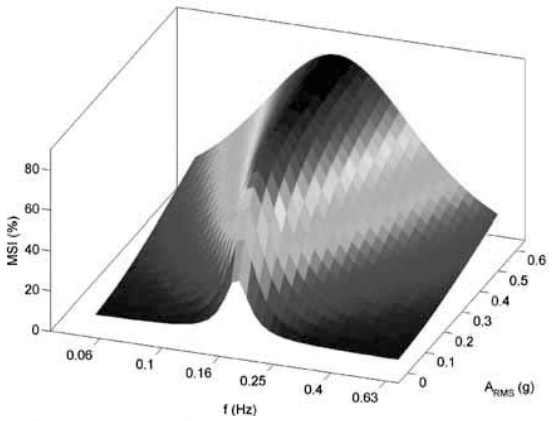
جدول ۱. واکنش‌های عاطفی مربوط به ترکیب‌های مختلف ظرفیت/فعالیت [۱۲]

واکنش	ظرفیت	فعالیت
کسالت	ناخوشایند	پایین
زجر	ناخوشایند	بالا
هیجان	دلپذیر	بالا
آرامش	دلپذیر	پایین
ناراحتی	ناخوشایند	متوسط
آسایش	دلپذیر	متوسط

۳-۳. بیماری حرکت

حرکت می‌تواند باعث شود که افراد در انجام کارهای خود ناتوان شوند. این مشکل تحت عنوان پدیده بیماری حرکت[۱۲] شناخته می‌شود که توسط بسیاری از مطالعات رسمی از سال ۱۹۴۰ تا به امروز بررسی شده است. اگرچه با توجه به مقادیر بالای سرعت در شناورهای تندرو، بیماری حرکت ممکن است به خودی خود در نظر گرفته نشود، اما هنگامی که شناورهای تندرو مدت قابل توجهی را در حالت آماده‌باش قرار دارند، اثرات آن باید به عنوان یک مسأله عمده در نظر گرفته شود. بیماری حرکت وابسته به مدت زمان قرار گرفتن در معرض حرکت بوده و در حالت بیش از شش ساعت پس از شروع حرکت امکان وقوع بیشتری دارد، به ویژه هنگامی که مسافران دارای کمبود دید هستند (مثلاً در شناورهای تندروی پوشش داده شده و در شب). شکل ۵ نمایانگر رابطه بین فرکانس، بزرگی ارتعاش و درصد ابتلای انسان به بیماری حرکت است.

نشان داده شده است که در عملیات شناورهای تندرو، ۹۰ درصد از خدمه‌ای که به این شرایط عادت نکرده‌اند، ممکن است از پدیدهٔ بیماری حرکت رنج ببرند. همچنین حتی هنگامی که شناور در ساحل پهلو می‌گیرد هم امکان اختلال در عملکرد وجود دارد. بنابراین باید تلاش لازم برای اطمینان از وجود دید کافی و تأمین هوای تازه برای سرنشینان صورت گیرد. این امر نیز نشان داده شده است که این بیماری و عملکرد همبستگی بالایی دارند. به عنوان مثال، حتی زمانی که فرد واقعاً بیمار نیست، یعنی زمانی که حالت تهوع ندارد و فقط احساس ناخوشی می‌کند، ۲۰ درصد تمام وظایف ممکن است با شکست مواجه شود. این مقدار برای خدمه‌ای که احساس کاملاً خوبی دارد ۵ درصد است.



شکل ۵. مصورسازی بیماری حرکت با یک مدل فیزیولوژیک [۱۳]

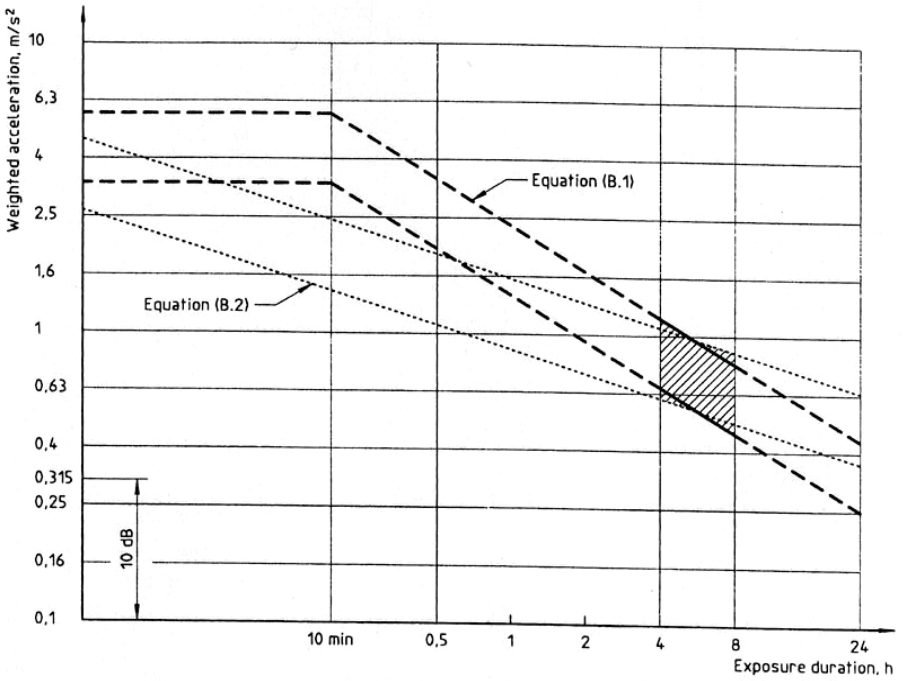
۳-۴. اثر ارتعاشات بر سلامتی انسان

یکی از شایع‌ترین اثرات آسیب‌شناختی گزارش‌شده از ارتعاشات کل بدن، بروز کمردرد است. کمردرد یکی از شکایت‌های مشترک کاربرهای شناورهای تندرو است. اگر چه عوامل زیادی مانند سن، شرایط فیزیکی و طرز قرارگرفتن بدن در ارتعاشات بر این گروه کاری مؤثر است اما بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که خطرات بالایی در ارتباط با اختلالات ناحیه کمر برای آنان وجود دارد. حالت قرار گرفتن کاربر، یک عامل بحرانی در طراحی یک شناور تندرو برای کاهش ضربه محسوب می‌شود. ستون فقرات انسان برای فشرده‌سازی در طی سقوط طراحی شده است و

می‌تواند مقدار قابل توجهی از ضربه در جهت نیرو را جذب کند. هنگامی که ستون فقرات انسان در حالت خروج از محور اصلی خود است، یک اثر بُرشی بین مهره‌ها به وجود می‌آید که می‌تواند منجر به جراحت شود. دیل باس (دانشگاه ویرجینیا، مرکز بیومکانیک کاربردی) تخمین زده است که استقرار نامناسب بدن می‌تواند اثر یک صندلی دارای سیستم تعلیق را به اندازه ۳۰ درصد کاهش دهد. قرار گرفتن در معرض ارتعاشات به صورت مکرر و طولانی می‌تواند منجر به مشکلات جدی در ناحیه کمر مانند فتق دیسک و یا نابودی زودرس ستون فقرات گردد (التهاب اسپوندیلوز و آرتروز). فرکانس تشدید ستون فقرات انسان حدود ۵ هرتز است و بیشترین مقدار ارتعاش منتقل‌شده به ستون فقرات در فرکانس‌های ۴/۵ تا ۵/۵ هرتز و ۹/۴ تا ۱۳/۱ هرتز اتفاق می‌افتد. خمش و چرخشی که اغلب با توجه به ماهیت کار، لازم است کاربر انجام دهد، افزایش انتقال ارتعاش را در پی خواهد داشت [۵]. شکل ۶ نشان‌دهندهٔ راهنمای محدوده‌های سلامت با توجه به شتاب وزنی و مدت‌زمان قرارگیری در معرض ارتعاش براساس ISO 2631-1 است [۱۴]. به طور کلی، به منظور درک کامل از چگونگی تأثیر حرکات شناورهای تندرو، درک پاسخ انسان به ارتعاشات امری ضروری است. پاسخ انسان به ارتعاشات در محدوده بین ۰/۰۵ تا ۸۰ هرتز رخ می‌دهد که در جدول ۲ نشان داده شده است.

٤. نتیجه‌گیری

در این مقاله، ارتباط بین قرارگیری انسان در معرض ارتعاشات ناشی از حرکات شناورهای تندرو و خطرات آن برای سلامتی و ایجاد مشکلات عملکردی مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شد که اثرات ناشی از ارتعاشات وارده بر انسان، می‌تواند مانند خستگی، کاهش بینایی و شنوایی موقت، کوتاه‌مدت باشند و یا مانند کمردرد، مزمن و درازمدت گردند. در این مقاله، بررسی مفصلی از ارتباط متقابل نوفه و ارتعاشات و آثار منفی آنها بر سرنشینان شناورهای تندرو ارائه گردید.



شکل ٦. راهنمای محدوده‌های احتیاط سلامت پیشنهادشده توسط ISO 2631-1

جدول ۲. پاسخ انسان به فرکانس‌های متفاوت [۱۵]

علائم	فرکانس (هرتز)
بیماری حرکت، اوج بروز در ۰/۱۷ هرتز اتفاق می‌افتد	۰/۱۷ تا ۲
تشدید خمشی جانبی و محوری به سمت جلو و عقب ستون فقرات در حالت پشتیبانی نشده	۱ تا ۳
تشدید قوی عمودی در مهره گردن و قسمت تحتانی کمر	۲/۵ تا ۵
تشدید در تنه	۴ تا ۶
تشدید میان سر و شانه‌ها	۲۰ تا ۳۰
تشدید موضعی بافت‌ها و استخوان‌های کوچک‌تر	تا ۸۰

۵. مآخذ

[1] Steyner, R.M. *Whole Body Vibration and Shock: A Literature Review*, Health and Safety Executive, London, 2001.

[2] Neikerk, J., C.M. Barnard. "Suspension Seat for High Speed, Off-Shore RIB." *41st UK Conference on Human Response to Vibration*, QinetiQ, Farnborough, UK, 2006.

[3] Ensign, W., J.A. Hodgdon, W.K. Prusaczyk, S. Ahlers, D. Shapiro and M. Lipton. *A survey of self-reported injuries among special boat operators*, Naval Health Research Centre, San Diego, 2000.

[4] Dobbins, T. *New EU Directive limits allowable shock exposure. The employer is now liable. What must we do - as employer – as operator - as boat builder?* Seawork 2006, Southampton, UK, 2006.

[5] Griffin M.J. *Handbook of Human Vibration*, 2nd ed., London: Academic Press, 1996.

[6] Data courtesy of QinetiQ Centre for Human Sciences, 2007.

[7] Dobbins T.D., S.D .Myers. "Multi-axis shocks during high speed marine craft transits." *41st UK Conference on Human Response to Vibration*, Farnham, UK, 2006.

[8] Myers, S., T .Dobbins and B. Hall. "Muscle damage: a possible explanation for motion induced fatigue following transits in small high-speed craft." *Conference Proceedings, PACIFIC International Maritime Conference*, Sydney, Australia, 2008.

[9] Morioka, M., M.J .Griffin. "Difference thresholds for intensity perception of whole-body vertical vibration: Effect of frequency and magnitude." *J. Acoust. Soc. Am*., vol. 107(1), (2000):620-624.

[10] Ruffell C.M., M.J. Griffin. "Effects of 1-Hz and 2-Hz transient vertical vibration on discomfort." *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 98(4), (1995):2157-2164.

[11] Hamernik R.P., W.A. Ahroon and R.I. Davis. "Noise and vibration interactions: Effects on hearing." *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 86(6), (1989):2129-2137.

[12] Okada, A., H. Miyake. "Temporary hearing loss induced by noise and vibration." *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 51(4), (1972):1240-1248.

[13] Bos, J.E., W. Bles. "Modelling motion sickness and subjective vertical mismatch detailed for vertical motions." *Brain Research Bulletin*, vol.47, (1998):537-542.

[14] International Organization for Standardization (ISO). ISO 2631 (series, including ISO 2631:1997. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Geneva: ISO, 1997.

[15] Dobbins, T., I .Rowley and L .Campbell, *High Speed Craft Human Factors Engineering Design Guide*, Human Sciences & Engineering Ltd., 2008.

پی‌نوشت

1. high speed craft
2. whole body vibration
3. choppy
4. roll
5. pitch
6. yaw
7. rigid Inflatable boat (RIB)
8. situational awareness
9. motion induced fatigue (MIF)
10. CK
11. motion induced interruptions (MII)
12. motion sickness incidence