Archive of SID

Iranian Journal of Ergonomics | ISSN: 2345-5365

Original Article

Experimental study of exposure to human vibration and its relationship with physical performance in mining equipment operators

Mohsen Aliabadi[1], Ramin Rahmani [*2], Ebrahim Darvishi[3], Maryam Farhadian[4], Masoud Shafiee Motlagh[5], Neda Mahdavi[6]

1- *Associated Professor, Department of Occupational health engineering, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
2- *MSc, Department of Occupational health engineering, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
3- *Assistant Professor, Department of Occupational health engineering, Kurdistan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
4- *Associate Professor, Department of Biostatistics, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
5- *Assistant Professor, Department of Occupational health engineering, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
6- *Assistant Professor, Department of Ergonomics, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

Article Info

Received: 2021/9/4
Accepted: 2021/12/6
ePublished: 2022/2/2

doi 1

Use your device to scan and read the article online

Corresponding Author
Ramin Rahmani
MSc, Department of Occupational health engineering, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
Email:
1raminrahmani@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objectives: *Exposure to vibration is one of the occupational agents that causes a variety of health effects. The aim of this study was to determine the association between exposure to human vibration and physical performance of mining drivers.*

Methods: *In the present study, 65 drivers working in one of the Iron Ore mines, were asked to complete the standard questionnaire for assessing the level of disability of the arm, shoulder and hand (DASH). Exposure to human vibration was measured using Svantek 106 vibrometer. Drivers' physical performance was assessed based on grip strength, Pegboard dexterity, and monofilament finger sensory tests. Data were analyzed using SPSS 21 software.*

Results: *The average vibration acceleration whole body (WBV) and hand-arm (HAV) were 1.00±0.23 and 2.46±0.68 m/s^2 respectively. There was a significant relationship between exposure to HAV and the grip strength and hand dexterity ($p<0.05$). According to the DASH score, 56.9% of drivers had mild and 43.1% had moderate upper limb disability. The results of multiple regression model with a coefficient of determination of 0.207 showed that the WBV in the presence of other predictor variables had a significant effect on DASH score ($p<0.05$).*

Conclusion: *In mining truck drivers, WBV exposure was higher and HAV exposure was lower than the national exposure limits. The results confirmed that WBV caused by mining trucks is the most important risk factor affecting the level of drivers' disability.*

Keywords: *Physical performance, human vibration, disability, mining truck, drivers*

Copyright © 2021, This is an original open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute of the material just in noncommercial usages with proper citation.

How to Cite This Article:

Aliabadi M, Rahmani R, Darvishi E, Shafiei M, Farhadian M, Mahdavi N. Experimental study of exposure to human vibration and its relationship with physical performance in mining equipment operators. Iran J Ergon. 2021; 9(3) :39-54

Extended Abstract

www.SID.ir

Archive of SID

Background and Objectives

Heavy mining equipment produces a lot of vibration, and consequently, their operators are exposed to this physically harmful factor [3]. Full-body vibration is a risk factor for musculoskeletal disorders. The vibration transmitted to the operators' hands of heavy vehicles has a significant effect on the grip strength, hand performance, and vibration of operators' hands (tremors) [4-6]. One of the considerable points from a safety perspective is the fall of operators while grabbing and dropping the handles of mining equipment, which occurs in large numbers every year. Based on the reports, the disorder of balance due to full-body vibration, reduced grip strength, and sensory disturbances of drivers' hands are the reasons for the fall of the drivers during getting in or out of the car [10]. Although, previous studies have highlighted the importance of exposure to vibration. Comprehensive empirical studies on the extent of exposure to human vibration and its effects on the health of mining equipment operators are found in a limited way. In this regard, this study was designed to experimentally investigate the relationship between the exposure level to human vibration and the physical performance of mining equipment operators.

Methods

This cross-sectional study was carried out in the summer of 2020 in one of the iron ore mines of Kurdistan province with the participation of 65 professional operators of various mining vehicles. The subjects were selected using random sampling.

$$n = \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

Which σ1, σ2, Variance, μ1, and μ2 are obtained mean by the internal similar studies. The reliability and test power of this test were 95% and 80%, respectively. The sample size was determined to be 65 vibration of the whole body and a_{HTV} is acceleration equivalent to hand-arm vibration. Acceleration people by substituting different values. The inclusion criteria were non-smoking, at least one year of work experience, lack of history of musculoskeletal, sensory-neurovascular disease due to non-occupational reasons, and no history of driving accidents. Exclusion criteria were lack of adequate rest, nutrition, and ergonomically unsuitable driving seats.

It should be noted that to compare the effects of vibration exposure, 45 people in the administrative department of the mine were selected as a control group, who were similar to the drivers in terms of demographic characteristics and study criteria. All drivers completed the consent form to participate in the study. First, a questionnaire containing demographic information was distributed among eligible drivers. Then, physical function tests were performed. The approximate time for the tests was 15-20 minutes for each driver [15]. The drivers' exposure to hand-arm and full-body vibration was measured for 15 minutes [15].

Measuring human vibration

Based on ISO 5349 and ISO 2631 standards using a radiometer, model 106 from Svantek, Poland, and according to the hours of exposure, drivers' exposure to hand-arm and full-body vibration was measured in three X, Y, and Z axes. The vibration was evaluated by the sum of weight acceleration resulting from the three axes through equations 1 and 2 for full-body and hand-arm vibration, respectively [16, 17].

$$a_{WBV} = \sqrt{(1.4a_x)^2 + (1.4a_y)^2 + (a_z)^2}$$

(1

$$a_{HTV} = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2}$$

(2

a_x, a_y, and a_z are the effective acceleration rate for separate axes. a_{WBV} is acceleration equivalent to the equivalent to vibration at 8 hours exposure was determined using Equation

www.SID.ir

Archive of SID

$$3.A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0}\sum_{I=1}^{n} a_i^2 \ T_i} \qquad (3$$

T_i is the total exposure time (hr), and T_0 is considered limited time (8 hr).

Measuring the physical performance of drivers

The dominant grip strength of the drivers was measured using the hand dynamometer, model Jamar. In this test, the operators place the elbow at a 90-degree angle on a flat surface. It enters the maximum force (kg) 3 times in 10-second intervals by grabbing the dynamometer handle. An average of 3 measurements were recorded. Studies have shown that Jamar hydraulic dynamometer is the gold standard with good and excellent relative reliability (ICC between 0.90 and 0.95) to measure the grip strength [18]. The skill and agility test of the hands was performed by Pegboard measuring instrument model 32020A with a reliability of 0.76 to 0.89. This test consists of a wooden plate with 25 holes in two rows parallel to each other, short metal rods, pins, metal, and hollow washers. These small pieces should be placed in the appropriate areas. The test is scored based on the number of tests performed in a specified period, and it can be used to assess the level of agility and assembly skills [19]. The level of sensory-neurological disorders was determined using a monofilament kit test with a reliability of 0.62 to 0.99. For this purpose, monofilaments with different numbers (1.65-6.65) were used. The monofilaments are stretched from 1.65 on the surface skin of all the fingers and 3 palm areas of both hands, and the person responds with each touch of the monofilament. If the higher monofilament number is not felt, the test is performed [21].

Determining the disabilities of the arms, shoulders, and hands

Determining the level of physical disability of drivers was measured by a validated questionnaire assessing the level of disability of the arms, shoulders, and hands (DASH). This questionnaire was translated by the researcher and evaluated by experts to check the validity. The original version was in the English language. The translation-re-translation method was used. After the final translation, the content validity ratio (CVR) and content validity index (CVI) was used to assess the content validity of the questionnaire. The rate of CVR and CVI were 0.74 and 0.9, respectively. The Cronbach's alpha coefficient was used to evaluate the reliability of the questionnaire, which was calculated to be 0.75. The DASH questionnaire consists of 20 items related to performing specific activities by hand. Each item has five options and a range score between 1 and 5. In a classification of upper limb disability, a score less than 24.99 indicates a mild problem, a score between 25 and 49.99 indicates a moderate problem, a score between 50 and 74.99 indicates a severe problem, and a score of 75 or higher indicates disability in the upper limb [22].

Statistical analysis

Collecting data were analyzed using SPSS 21 software. The mean comparison test, Pearson correlation coefficient, and multiple regression model was used to analyze the risk factors affecting the DASH score of drivers.

Findings

The average age and work experience of drivers were 42.59±9.62 (21-65 years) and 14.27±8.02 (1-39 years), respectively. The results showed that the average acceleration of full-body vibration was equal to 8 hours for mining vehicles drivers, which was more than the recommended permissible level and the mean acceleration of vibration on the z-axis was the highest (Table 1). The mean score of the DASH questionnaire was 27.23±7.13 (20-47), which showed the severity of disability in the moderate range. 37 operators (56.9%) had mild problems, and the rest (43.1%) were in the middle problem class of the upper limbs. The results of the physical performance of operators (Table 2) showed that the average grip strength of the dominant hand in

hands in all stages (right hand, left hand, both hands simultaneously, and assembling) with the corresponding values in the control group ($p<0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

The results of the monofilament test showed that all the examined subjects (100%) were in the normal range in terms of finger sensory test.

Table 1. Level of occupational exposure of mining vehicles drivers to human vibration

	X axis		Y axis		Z axis		Equivalent	
Acceleration	**Rang**	**Mean (S**	**Rang**	**Mean (S**	**Rang**	**Mean (S**	**Rang**	**Mean (Sd**
Body (m/s^2)	0.83-0.18	0.38 (0.1	0.19-1.19	0.34 (0.1	0.41-1.23	0.67 (0.2	0.57-1.62	1.00 (0.23
Hand-arm (m/s^2	0.78-3.98	1.38 (0.4	0.90-2.94	1.48 (0.4	0.59-1.12	1.37 (0.3	1.53-4.84	2.46 (0.68

Table 2. Results of physical performance test of hands of mining vehicles drivers

Physical performance index	Mean (Sd)		p-value
	Case group	Control group	
Grip strength of dominant hand (kg)	32.1 (8.2)	45.0 (1.5)	0.001
Right-hand agility	14.1 (1.9)	16.2 (2.4)	0.001
Left-hand agility	13.1 (6.5)	15.2 (1.4)	0.001
Agility of both hands simultaneously	11.1 (1.4)	25.3 (2.2)	0.001
Assembly activity	6.7 (3.0)	7.1 (6.0)	0.001

There was a significant negative relationship between exposure to hand-arm vibration and mean grip strength of hands ($p<0.05$ and $r=-0.224$). There was also a significant negative relationship between exposure to hand-arm vibration and agility strength of both hands ($p<0.05$ and $r=-0.167$). There was a significant relationship between age and DASH score ($p<0.05$ and $r=0.176$). There was also a significant relationship between work experience and DASH score ($p<0.05$ and $r=0.164$). There was no significant relationship between exposure to hand-arm vibration and DASH score ($p<0.05$ and $r=0.07$). There was also a significant relationship between body vibration and DASH score ($p<0.05$ and $r=0.396$).

Regression model of DASH score prediction

The results showed that full-body vibration had a significant effect on DASH score in the presence of other predictor variables ($p<0.05$). The coefficient of determination of the regression prediction model is 0.207, which indicates that the variables predict about 20% of the changes in the DASH score. The results of the best-developed model have been presented in Table 3.

Table 3. Multiple regression model of DASH score prediction in operators of mining vehicles

Model variables	Non-standard		Standard	t	p-value
	B	Std.Error	Beta		
Constant	10.703	9.257	-	1.156	0.253
Whole body vibration	12.121	3.594	0.407	3.372	0.001
Hand-arm vibration	-0.548	1.253	-0.053	-0.437	0.663
Work experience	0.002	0.162	0.003	0.015	0.988
Age	0.126	0.130	0.162	0.969	0.337
Body mass index	0.023	0.285	0.010	0.082	0.935

www.SID.ir

Archive of SID

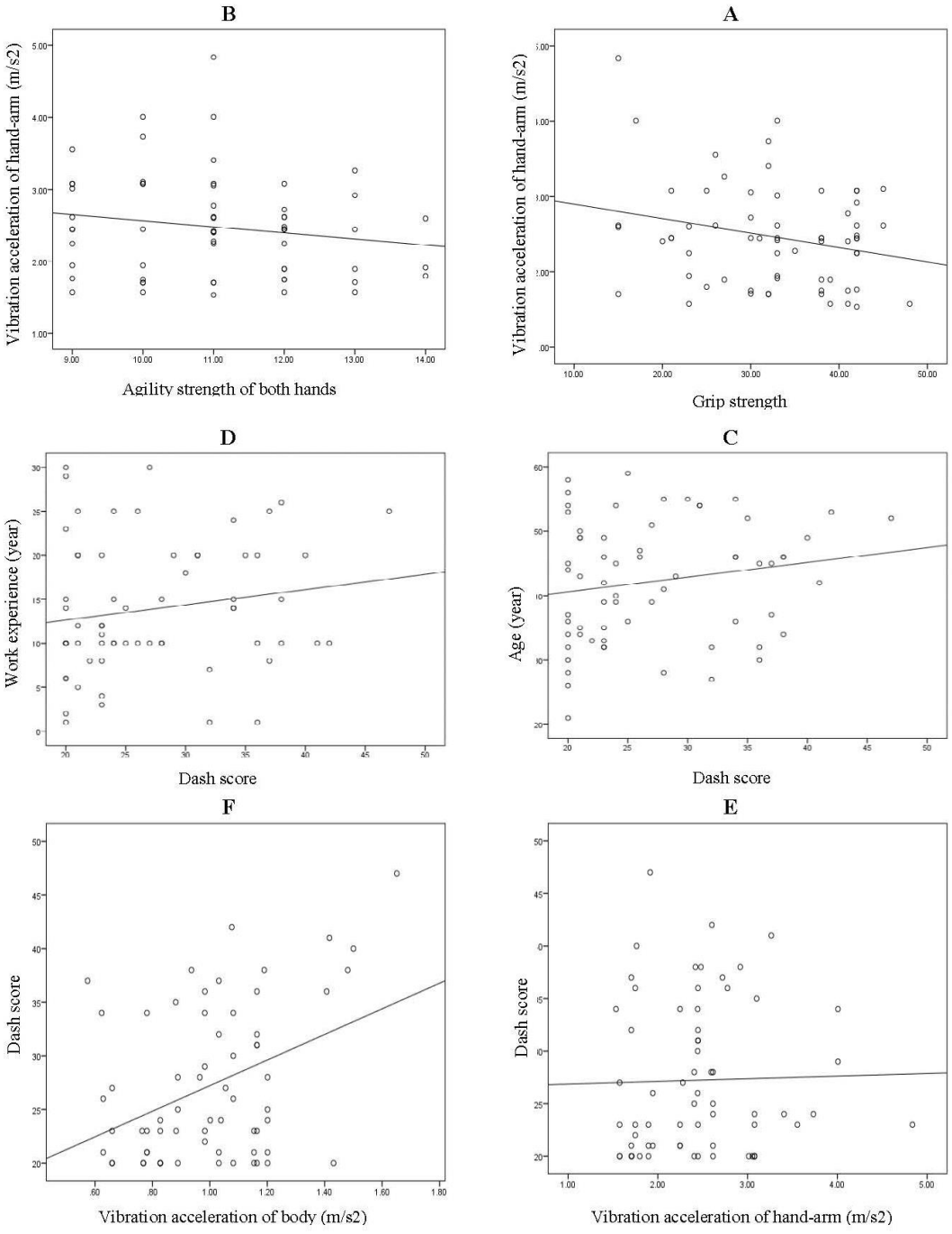


Figure 1. *Distribution diagrams; A) Distribution of grip strength based on hand-arm vibration acceleration; B) Agility of both hands based on hand-arm vibration acceleration; C) DASH score distribution by age; D) DASH score distribution based on work experience; E) DASH score distribution based on hand-arm vibration acceleration; F) DASH score distribution based on the vibration acceleration of the whole body*

Discussion

The results showed that the average acceleration of full-body vibration was equal to 8 hours for mining vehicles drivers, which was more than the recommended permissible level. The result is following the findings of Emkani et al. [7] and Hashemi Nezhad et al. [9]. In this study, mild

www.SID.ir

disability was observed in 56.9% of the subjects, and the rest had moderate upper limb disability. The study by Taghizadeh et al. also showed that 58% of bus drivers had mild problems in the upper limb [22]. Inability to work and job fatigue is among the causes of occupational accidents. According to the results of previous studies, drivers' fatigue after a period of driving can cause their cognitive dysfunction and increase the chance of accidents by increasing the probability of error [2, 23]. The results also showed that drivers' disability in the upper limbs also increases with aging and increase of work experience; the results are following the study of Obelenis et al. [24]. The pressure on the ligaments and joints increases with aging, based on physiological changes and reduction of body mass and access limits. On the other hand, muscle mass decreases with aging, and the internal load on the body (due to the application of force) will increase. This issue has been considered in previous studies [25-27]. The mean grip strength in drivers was significantly lower than in the control group ($p<0.05$). There was a linear- inverse correlation between exposures to hand-arm vibration with grip strength. The results of a previous study also showed that grip strength decreases with increasing exposure to vibration [28]. The results of the prediction regression model of DASH score showed a significant effect of full body vibration on DASH score. Prolonged exposure to full-body vibration has different effects on the human physiological system. The findings of the studies have shown that exposure to vibration is directly associated with musculoskeletal disorders [30, 31], and musculoskeletal disorders are one of the factors affecting the inability of people [32, 33]. Regarding drivers, the findings of previous studies indicate an association between exposure to full-body vibration and musculoskeletal disorders, which confirm the results of this study [7, 22].

Since this study was carried out in the field concerning exposure in real conditions, it was not possible to distinguish the effects of exposure to different levels of vibration. Repeating this study in a laboratory simulated setting may report favorable results. In addition, it is suggested to study upper limb disabilities using clinical and objective methods.

Conclusion

In drivers of mining vehicles, the full-body vibration level was higher, and the hand-arm vibration level was lower than the national permissible level. The results showed a decrease in physical performance among drivers compared to the control group. There was a significant relationship between exposure to hand-arm vibration and physical function. The results of the regression model showed the effect of full-body vibration caused by mining vehicles on the level of disability of operators in the presence of other predictor variables. To prevent the effects of vibration in long-term exposure due to the occupational nature of operators, the providing and implementation of care methods, health period examinations and monitoring, and possible control technical measures should be considered by occupational health authorities.

www.SID.ir

Archive of SID

مجله ارگونومی | سال ۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰ | E-ISSN: 2345-5365

مقالهٔ پژوهشی

بررسی تجربی مواجهه با ارتعاش انسانی و ارتباط آن با عملکرد فیزیکی در رانندگان ماشین‌های معدنی

محسن علی آبادی[۱]، رامین رحمانی*[۲]، ابراهیم درویشی[۳]، مسعود شفیعی[۱]، مریم فرهادیان[۴]، ندا مهدوی[۵]

۱ -دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲ -کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳ -استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران
۴ -دانشیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۵ -استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۶ -استادیار، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵
انتشار آنلاین: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

نویسندهٔ مسئول:
رامین رحمانی
کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
پست الکترونیک:
raminrahmani@gmail.com۱

برای دانلود این مقاله، کد زیر را با موبایل خود اسکن کنید.

خلاصه

زمینه و هدف: مواجهه با ارتعاش یکی از عوامل مخاطره‌زای شغلی است که عوارض سلامتی مختلفی ایجاد می‌کند. مطالعه حاضر با هدف تعیین ارتباط بین مواجهه با ارتعاش انسانی و عملکرد فیزیکی رانندگان ماشین‌های معدنی انجام شد.

روش‌کار: مطالعه حاضر بر روی ۶۵ راننده شاغل در یک معدن سنگ آهن انجام شد. پرسش‌نامه استاندارد ارزیابی سطح ناتوانی بازو، شانه و دست *DASH* تکمیل شد. مواجهه با ارتعاش انسانی با استفاده از دستگاه ارتعاش سنج شرکت *Svantek* مدل ۱۰۶ اندازه‌گیری شد. عملکرد فیزیکی رانندگان برمبنای سنجش قدرت چنگش، آزمون چابکی پگبورد و آزمون حسی انگشتان مونوفیلامنت مورد ارزیابی قرارگرفت. داده‌ها با استفاده از نرم افزار *SPSS 21* تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: میانگین شتاب ارتعاش تمام‌بدن و دست-بازو رانندگان به‌ترتیب ۰/۲۳±۱/۰۰و ۰/۶۸±۲/۴۶ متر بر مجذور ثانیه بود. بین مواجهه با ارتعاش دست-بازو و قدرت چنگش و قدرت چابکی ارتباط معنی‌داری وجود داشت. طبق امتیاز *DASH*، ۵۶/۹ ٪ رانندگان دارای ناتوانی خفیف و ۴۳/۱ ٪ دارای ناتوانی متوسط در اندام فوقانی بودند. نتایج مدل رگرسیون با ضریب تعیین ۰/۲۰۷ نشان داد ارتعاش تمام‌بدن در حضور سایر متغیرهای پیشگو، اثر معنی‌داری بر امتیاز ناتوانی دارد ($p<0/05$).

نتیجه‌گیری: در رانندگان ماشین‌های معدنی سطح مواجهه با ارتعاش تمام‌بدن بالاتر و سطح مواجهه با ارتعاش دست-بازو پایین‌تر از حد مجاز کشوری قرار داشت. نتایج تأیید نمود که ارتعاش تمام‌بدن ناشی از ماشین‌های معدنی، بر سطح ناتوانی رانندگان اثرگذار است.

کلیدواژه‌ها: عملکرد فیزیکی، ارتعاش انسانی، ناتوانی، ماشین‌های معدنی، رانندگان

کپی‌رایت © مجله ارگونومی؛ دسترسی آزاد؛ کپی برداری، توزیع و نشر برای استفاده غیرتجاری با ذکر منبع آزاد است.

زمینه و هدف

آنچه در ارتباط بین ارتعاش اجسام در محیط و انسان حائز اهمیت است، این است که انرژی امواج ارتعاش در تماس مستقیم با اعضا و اندام‌ها می‌تواند در محدوده‌های مخاطره‌آمیز باشد. مشخصه‌های اصلی امواج ارتعاش شامل دامنه موج، فرکانس زاویه‌ای، زمان تناوب و نیرو می‌باشد. پدیدهٔ ارتعاش در محیط‌های صنعتی بسیار شایع بوده و در محدودهٔ وسیعی از مشاغل به گونه‌های متفاوت ایجاد می‌شود [۱]. ارتعاش انسانی، به‌عنوان یکی از عوامل زیان‌آور مهم فیزیکی محیط کار از دیدگاه بهداشت حرفه‌ای محسوب می‌گردد و بر این اساس، مطالعهٔ میزان مواجهه شغلی کارگران و ارزیابی اثرات احتمالی آن دارای

www.SID.ir

Archive of SID

اهمیت فراوانی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد مواجهه طولانی-مدت انسان با ارتعاش تمام‌بدن و دست-بازوی شاغلین می‌تواند موجب بروز عوارضی همچون اختلالات اسکلتی-عضلانی، قلبی-عروقی، عصبی، فیزیولوژیکی، کاهش توانایی انجام کار و عملکرد ذهنی افراد حین انجام کار گردد [۲]. کلیه خودروها انسان را در معرض ارتعاش با شدت‌های مختلفی قرار می‌دهند. خودروهای سنگین معدنی، باتوجه به محیط کار و ظرفیت‌کاری آن‌ها ارتعاش زیادی تولید می‌کنند و به تبع آن رانندگان آنها نیز در مواجهه با این عامل زیان‌آور فیزیکی قرار می‌گیرند [۳]. نتایج مطالعات گذشته نشان داده است که ارتعاش تمام‌بدن عامل خطر مهمی برای اختلالات اسکلتی-عضلانی در این افراد می‌باشد. عوارض ناشی از ارتعاش منتقله به دست رانندگان ماشین‌های سنگین هم دارای اهمیت زیادی است که می‌تواند بر قدرت چنگش و عملکرد دستی و لرزش دستان (ترمور) رانندگان تاثیر به‌سزایی داشته باشد [۴-۶].

مطالعهٔ امکانی و همکاران در خصوص بررسی ارتباط بین ارتعاش تمام‌بدن و اختلالات اسکلتی- عضلانی بالاتنه در رانندگان ماشین‌های معدنی نشان داد که سطح مواجهه با ارتعاش بین ۰/۴۷۹ الی ۲/۱۷۹ متر بر مجذور ثانیه بود [۷]. در مطالعهٔ یوسفی و همکاران نتایج نشان داد که مواجهه طولانی‌مدت با ارتعاش تمام‌بدن ریسک‌فاکتوری برای ایجاد اختلالات اسکلتی- عضلانی، اعصاب و روان، متابولیکی، شنیداری و دیداری در رانندگان می‌باشد [۸]. در مطالعه‌ای که ارتعاش تمام‌بدن خودروهای معدن مجتمع گل گهر سیرجان را مورد بررسی قرار داد، نشان داده شد ارتعاش در اکثر خودروهای سنگین معدنی بسیار بیشتر از حد استاندارد بود [۹].

یکی از نکات قابل توجه از دید ایمنی که بایستی به آن توجه شود سقوط رانندگان در هنگام گرفتن و رها کردن دستگیره‌های ماشین‌های معدنی است که سالیانه به تعداد زیاد رخ‌می‌دهد. گزارش‌ها نشان‌می‌دهد اختلال در تعادل در اثر ارتعاش تمام‌بدن و همچنین کاهش قدرت چنگش و اختلالات حسی در دستان رانندگان می‌تواند از علل سقوط رانندگان در حین سوار یا پیاده-شدن از خودرو و ریسک‌فاکتور بروز حوادث باشد [۱۰]. خوانین و همکاران در مطالعه خود نتیجه گرفتند که برای بعضی از انواع اتوبوس‌ها میزان ارتعاش بالاتر از حد احتیاط و بعضی پایین‌تر است و امکان ایجاد مخاطرات بهداشتی وجود دارد [۱۱]. رانندگان ماشین‌های سنگین در طول دوره شغلی به مدت طولانی در معرض ارتعاش تمام‌بدن قرار دارند. در مطالعه انجام شده توسط نقاب و همکاران در استان فارس ایران در سال ۲۰۱۵ علایم اختلالات نروفیزیولوژیک اسکلتی-عضلانی و بینایی و افت شنوایی به‌طور معناداری در رانندگان بیش از گروه کنترل بود و بین شدت مواجهه و برخی علایم ارتباط معنی‌داری وجود داشت [۱۲] مطالعات برون مرزی نیز نتایج مشابهی را گزارش داده‌اند؛ به عنوان مثال، *Amzar* و همکاران نشان دادند که مواجهه با ارتعاش باعث خواب آلودی و اختلال در توجه رانندگان می‌شود [۱۳]. علاوه بر این *Costa* و همکاران نیز از مطالعهٔ خود نتیجه گرفتند که مواجهه ارتعاش منجر به اختلالاتی در عملکرد شناختی شده و توجه به این مسئله از نظر ایمنی حائز اهمیت است [۱۴].

لازم به ذکر است بر اساس کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی کشوری در سال ۱۳۹۹ منطبق بر مقادیر حدود آستانه *TLV* توصیه شده سازمان *ACGIH* حد مجاز مواجهه ۸ ساعته با ارتعاش تمام بدن ۰/۸۷ m/s^2 و حد مراقبت یا اقدام ارتعاش تمام بدن ۰/۴۳ m/s^2 توصیه شده است. علاوه بر این حد مجاز مواجهه ۸ ساعته با ارتعاش دست‌بازو تمام بدن ۵ m/s^2 و حد مراقبت یا اقدام ارتعاش دست-بازو ۲ m/s^2 توصیه شده است [۱۵].

به‌طور کلی نتایج مطالعات گذشته نشان داده‌است که ارتعاش انسانی عامل مهم عوارض سلامتی مزمن از جمله اختلالات اسکلتی-عضلانی در اندام‌های مختلف در رانندگان ماشین‌های سنگین است. ردیابی عوارض اختصاصی ارتعاش انسانی به‌تنهایی با توجه به سطح مواجهه شاغلین با ارتعاش دارای اهمیت زیادی است که می‌تواند شواهد تجربی در راستای تخمین حدود دز ایمن مواجهه با ارتعاش را تأمین نماید. با این حال مطالعات تجربی جامع و کامل در رابطه با بررسی میزان مواجهه با ارتعاش انسانی و اثرات آن بر روی سلامتی رانندگان ماشین‌های معدنی به‌صورت محدود یافت می‌گردد. در همین راستا مطالعه حاضر با هدف بررسی تجربی ارتباط بین سطح مواجهه ارتعاش انسانی با عملکرد فیزیکی رانندگان ماشین‌های معدنی طراحی گردیده است.

روش کار

این مطالعه مقطعی در تابستان ۱۳۹۹ در یکی از معادن سنگ آهن استان کردستان با حضور ۶۵ راننده حرفه‌ای انواع ماشین‌های معدنی انجام‌شد. روش نمونه‌گیری در این پژوهش به‌صورت تصادفی بود. تعداد نمونه‌ها از فرمول زیر به دست آمد:

www.SID.ir

Archive of SID

$$n = \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

که در این فرمول σ_1 و σ_2 واریانس و μ_1 و μ_2 میانگین‌های حاصل شده از مطالعه مشابه داخلی می‌باشد. میزان اطمینان این آزمون ۹۵ درصد و توان آزمون برابر ۸۰ درصد در نظر گرفته شده است. با جایگزینی مقادیر مختلف، تعداد نمونه مورد نیاز ۶۵ نفر به دست آمد.

معیارهای ورود افراد به مطالعه عدم مصرف سیگار، حداقل سابقه‌کار یک‌سال و عدم وجود سابقه بیماری اسکلتی- عضلانی، حسی- عصبی و عروقی به علل غیرشغلی و عدم سابقه حوادث رانندگی بود که در پرسش‌نامه اطلاعات دموگرافیک، این موارد درج شده بود. لازم به ذکر است، گروهی متشکل از ۴۵ نفر از افراد بخش اداری معدن که از نظر ویژگی‌های دموگرافیک و معیارهای مطالعه، با رانندگان همسان بودند به عنوان گروه شاهد جهت مقایسه عوارض مواجهه با ارتعاش انتخاب شدند. همچنین با استفاده از یک پرسش‌نامه خودگزارش‌دهی رانندگانی که استراحت و تغذیه ناکافی، عادت‌های نامناسب بهداشتی و پوسچرهای نامناسب حین فعالیت‌های رانندگی داشتند از مطالعه خارج شدند. رانندگانی که ماشین‌هایشان از صندلی ارگونومیک مناسب برخوردار نبود (نداشتن قابلیت تنظیم ارتفاع یا پشتی صندلی) از مطالعه خارج شدند. همه رانندگان جهت شرکت در مطالعه فرم رضایت‌نامه را تکمیل نمودند.

روش جمع آوری اطلاعات در این مطالعه به این صورت بود که ابتدا پرسش‌نامه‌ای که حاوی اطلاعات دموگرافیک بود در میان رانندگان واجد شرایط توزیع شد. سپس تست‌های مربوط به عملکرد فیزیکی برای آن‌ها اجرا شد. زمان تقریبی اجرای تمامی تست‌ها برای هر راننده در حدود ۱۵ الی ۲۰ دقیقه بود. در نهایت مواجهه رانندگان با ارتعاش دست-بازو و تمام بدن در یک بازه ۱۵ دقیقه‌ای مورد سنجش قرار گرفت [۱۶].

اندازه‌گیری ارتعاش انسانی

ارتعاش دست-بازو هنگام رانندگی با توجه به ساعات مواجهه با ارتعاش توسط دستگاه ارتعاش‌سنج مدل *106* شرکت *Svantek* لهستان مطابق با روش استاندارد *ISO* ۵۳۴۹ و در سه محور X، Yو Z بر حسب متر بر مجذور ثانیه اندازه‌گیری شد. برای اندازه-گیری ارتعاش دست-بازو از سنسورهای انگشتی با توجه به شکل فرمان ماشین‌های معدنی استفاده شد. پس از تنظیم و کنترل اتصالات دستگاه و انتخاب محور مورد نظر به راننده اجازه داده شد تا رانندگی‌کند. جهت اندازه‌گیری ارتعاش تمام‌بدن نیز مطابق با استاندارد *ISO* ۲۶۳۱، سنسور دستگاه روی صندلی خودرو بین نشیمنگاه راننده و کف صندلی قرارگرفت و در سه محور X , Y و Z اندازه‌گیری صورت گرفت. ارزیابی کامل مواجهه با ارتعاش مستلزم اندازه‌گیری شتاب در جهت‌های X، Y و Z و فرکانس و مدت زمان مواجهه است. ارزیابی ارتعاش توسط مجموع شتاب وزنی که حاصل ترکیب این سه محور است از طریق رابطه ۱ و ۲ به‌ترتیب برای ارتعاش تمام‌بدن و ارتعاش دست-بازو انجام‌گرفت [۱۷, ۱۸].

$$a_{WBV} = \sqrt{(1.4a_x)^2+(1.4a_y)^2+(a_z)^2} \quad \text{رابطه (1)}$$

$$a_{HTV} = \sqrt{(a_x)^2+(a_y)^2+(a_z)^2} \quad \text{رابطه (2)}$$

که a_x، a_y، a_z میزان شتاب موثر برای محورهای مجزا بوده، a_{WBV} شتاب معادل ارتعاش تمام بدن و a_{HAV} شتاب معادل ارتعاش دست-بازو می‌باشد.

شتاب معادل ارتعاش در مواجهه ۸ ساعته با استفاده از رابطه ۳ تعیین‌گردید.

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0}\sum_{I=1}^{n} a_i^2\ T_i} \quad \text{رابطه(3)}$$

که T_i مجموع زمان مواجهه(hr) و T_0 زمان محدودشده موردنظر (hr ۸) می‌باشد.

اندازه‌گیری عملکرد فیزیکی رانندگان

قدرت چنگش[1]دست غالب و مهارت و چابکی دست‌ها[2]از جمله آزمون‌های اسکلتی-عضلانی انجام‌شده در این مطالعه بود. حداکثر قدرت چنگش دستان توسط نیروسنج هیدرولیکی[3]مدل *Jamar* سنجیده شد. در این آزمون فرد آرنج خود را با زاویه ۹۰ درجه روی سطح صاف قرار می‌دهد و در فواصل ۱۰ ثانیه‌ای ۳

1 Grip Strength
2 Skill and dexterity
3 Hand dynamometer

www.SID.ir

Archive of SID

مرتبه با گرفتن دسته نیروسنج حداکثر نیرو (کیلوگرم) را وارد می‌کند. میانگین ۳ اندازه‌گیری ثبت گردید. مطالعات نشان داده‌اند نیروسنج هیدرلیکی *Jamar* استاندارد طلایی با قابلیت اعتماد نسبی خوب و عالی (*ICC* بین ۰/۹۰ تا ۰/۹۵) جهت اندازه‌گیری قدرت چنگش دستان می‌باشد [۱۹].

آزمون مهارت و چابکی دستان توسط ابزار سنجش پگبورد[4] مدل *A۳۲۰۲۰* با قابلیت اعتماد ۰/۷۶ تا ۰/۸۹ انجام‌گردید. این ابزار فاکتوری به‌نام چابکی انگشتان[5]را ارزیابی می‌کند که به‌عنوان توانایی انجام حرکت سریع و کنترل‌شده مهارتی روی اشیای کوچکی که اساساً انگشتان با آن‌ها درگیر هستند، تعریف می‌شود. این تست شامل یک صفحه چوبی با ۲۵ سوراخ در دو ردیف به‌موازات یکدیگر، میله‌های فلزی کوتاه، پین و واشرهای فلزی و توخالی می‌باشد. این قطعات کوچک بایستی در محل‌های مربوطه جای‌گذاری شوند. این آزمون براساس تعداد انجام در مدت زمان مشخص امتیازگذاری می‌گردد و با آن می‌توان سطح چابکی و مهارت مونتاژ را ارزیابی نمود [۲۰]. اجرای تست شامل چند مرحله کلی است. در مرحله نخست، فرد با دست رست خود می‌بایست در یک زمان ۳۰ ثانیه‌ای، پین‌ها را در جای خود بچیند. در مرحله بعد این کار با دست چپ تکرار خواهد شد. در مرحله بعدی، با هر دو دست پین‌ها را می‌چیند و در نهایت، فرد می‌بایست عمل مونتاژ را انجام دهد. در این مرحله ترکیبی از پین‌ها، واشرها و کولارها را در محل‌های مشخص شده می‌چیند. چیدن هر قطعه در زمان محدود، امتیازی داشته که در نهایت بیانگر میزان مهارت و چابکی فرد خواهد بود [۲۱].

تعیین سطح اختلالات حسی–عصبی با استفاده از آزمون کیت مونوفیلامنت با قابلیت اعتماد ۰/۶۲ تا ۰/۹۹ انجام گرفت. جهت انجام این آزمون از مونوفیلامنت‌ها با شماره‌های مختلف (۶/۶۵-۱/۶۵) استفاده شد. مونوفیلامنت‌ها از شماره ۱/۶۵ روی سطح پوست بندهای همه انگشتان و ۳ ناحیه از کف هر دو دست کشیده می‌شود و فرد با هر بار لمس کردن مونوفیلامنت پاسخ می‌دهد. در صورت حس نکردن شماره مونوفیلامنت بالاتر آزمون می‌گردد [۲۲].

تعیین سطح ناتوانی دست، بازو و شانه‌ها

تعیین سطح ناتوانی فیزیکی رانندگان توسط پرسش‌نامه اعتباربخشی شده ارزیابی سطح ناتوانی دست، بازو و شانه‌ها *(DASH)*[6]سنجیده شد. در این پرسش‌نامه سؤالاتی در رابطه با توانایی انجام فعالیت‌های خاص توسط دست از فرد پرسیده می‌شود و با توجه به پاسخ‌های داده‌شده امتیازدهی صورت-می‌گیرد. این پرسش‌نامه توسط محقق ترجمه و سپس برای بررسی صحت روایی از سوی افراد صاحب‌نظر ارزیابی شد. نسخهٔ اصلی پرسش‌نامه انگلیسی بود. از روش ترجمه باز ترجمه استفاده شد. پس از ترجمه نهایی، برای بررسی روایی محتوایی پرسش‌نامه از ضرایب روایی نسبی محتوا *(CVR)*[7] و شاخص روایی محتوا*(CVI)*[8] استفاده‌شد که به‌ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۹ بود. به‌منظور ارزیابی پایایی پرسش‌نامه، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که برابر ۰/۷۵ بود.

پرسش‌نامه *DASH* از ۲۰ سؤال تشکیل شده که به بررسی میزان مشکلات افراد در انجام کارهای روزمره، شدت درد اندام‌های مذکور در حالت خواب و فعالیت، ضعف و سفت-شدگی مفاصل و تأثیر اندام فوقانی بر فعالیت‌های شغلی و اجتماعی فرد می‌پردازد. هر کدام از سؤالات پرسش‌نامه دارای ۵ گزینه پاسخ دهی بوده و نمره‌ای بین ۱ تا ۵ به هر سؤال اختصاص‌می‌یابد. بنابراین نمره اولیه پرسش‌نامه بین ۲۰ تا ۱۰۰ قابل تعیین است. هر چه امتیاز نهایی بزرگتر باشد، نشان‌دهنده شدت درد و ناتوانی در اندام‌های فوقانی است. طبقه‌بندی ناتوانی در اندام فوقانی بر اساس امتیاز کسب شده به این‌صورت است که امتیاز تا ۲۴/۹۹ نشانگر مشکل خفیف، امتیاز بین ۲۵ تا۴۹/۹۹ مشکل متوسط، امتیاز بین ۵۰ تا ۷۴/۹۹ مشکل شدید و در نهایت امتیاز ۷۵ یا بالاتر نشان‌دهنده ناتوانی در اندام فوقانی است [۲۳].

تحلیل آماری

داده‌ها پس از جمع‌آوری با نرم‌افزار آماری *SPSS* نسخه ۲۱ مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفتند. نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. جهت بررسی داده‌های نرمال از آزمون مقایسه میانگین‌ها و ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. از مدل رگرسیون چندگانه جهت تحلیل ریسک‌فاکتورهای موثر بر امتیاز *DASH* رانندگان استفاده‌شد. سطح معناداری برای آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته‌شد.

4 Purdue Pegboard
5 Finger dexterity
6 The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand
7 Content Validity Ratio
8 Content Validity Index

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

میانگین سن و سابقه‌کار رانندگان به‌ترتیب برابر ۹/۶۲±۴۲/۵۹ (بین ۲۱ تا ۶۵ سال) و ۸/۰۲±۱۴/۲۷ (بین ۱ تا ۳۹سال) بوده و میانگین نمایه توده بدنی این افراد برابر ۳/۱۳±۲۵/۳۷ با گستره ۲۰ الی ۳۱ بود. در جدول ۱ نتایج اندازه‌گیری شتاب ارتعاش انسانی در رانندگان معدن ارائه شده است. نتایج نشان‌داد میانگین شتاب ارتعاش تمام‌بدن معادل ۸ ساعته رانندگان ماشین‌های معدنی بالاتر از حد مجاز توصیه شده قرار داشته و میانگین شتاب ارتعاش در محور z بیشترین مقدار بود. طبق آزمون آماری *ANOVA* بین میانگین شتاب ارتعاش تمام‌بدن در جهات اصلی اندازه‌گیری اختلاف معناداری مشاهده‌گردید ($p<۰/۰۵$). نتایج نشان‌داد میانگین شتاب معادل ۸ ساعته ارتعاش دست-بازوی رانندگان ماشین‌های معدنی پایین‌تر از حدمجاز توصیه‌شده قراردارد. نتایج همچنین نشان‌داد که میانگین شتاب ارتعاش در محور *y* بیشترین مقدار بوده و طبق آزمون آماری *ANOVA* بین میانگین شتاب ارتعاش دست-بازو در جهات اصلی اندازه‌گیری اختلاف معناداری مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$).

میانگین امتیاز حاصل از پرسش‌نامه *DASH* برابر با ۷/۱۳±۲۷/۲۳ بوده که معادل شدت ناتوانی در محدوده متوسط است. بررسی‌های بیشتر نشان‌داد حدود امتیاز کسب شده توسط رانندگان بین ۲۰ الی ۴۷ بود که ۳۷ نفر (۵۶/۹ درصد) رانندگان در طبقه اول دارای مشکل خفیف و مابقی (۴۳/۱ درصد) در طبقه مشکل متوسط در اندام فوقانی قرارگرفتند.

نتایج مربوط به عملکرد فیزیکی رانندگان (جدول ۲) نشان-داد که میانگین قدرت چنگش دست غالب در رانندگان برابر ۸/۲±۳۲/۱ کیلوگرم که با مقدار اندازه‌گیری‌شده در گروه شاهد (۱/۵±۴۵) تفاوت معناداری داشت ($p<۰/۰۵$). علاوه‌بر این، نتایج آزمون چابکی نیز نشان داد که چابکی دست رانندگان در تمام مراحل (دست راست، دست چپ، هر دو دست به‌صورت همزمان و مونتاژکردن) دارای اختلاف معناداری با مقادیر متناظر در گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). در خصوص نتایج تست مونوفیلامنت، مشاهده‌شد که کل رانندگان مورد بررسی (۱۰۰ درصد) از لحاظ آزمون حسی انگشتان در محدودهٔ طبیعی قرار داشتند.

جدول ۱. سطح مواجهه شغلی رانندگان ماشین‌های معدنی با ارتعاش انسانی

شتاب	محور *X*		محور *Y*		محور *Z*		معادل	
	محدوده	میانگین (انحراف معیار)	محدوده	میانگین (انحراف معیار)	محدوده	میانگین (انحراف معیار)	محدوده	میانگین (انحراف معیار)
تمام‌بدن (m/s^2)	۰/۱۸–۰/۸۳	۰/۳۸ (۰/۱۳)	۱/۱۹–۰/۱۹	۰/۳۴ (۰/۱۴)	۱/۲۳–۰/۴۱	۰/۶۷ (۰/۲۰)	۱/۶۵– ۰/۵۷	۱/۰۰ (۰/۲۳)
دست-بازو (m/s^2)	۳/۹۸–۰/۷۸	۱/۳۸ (۰/۴۸)	۲/۹۴–۰/۹۰	۱/۴۸ (۰/۴۵)	۲/۱۲–۰/۵۹	۱/۳۷ (۰/۳۵)	۴/۸۴– ۱/۵۳	۲/۴۶ (۰/۶۸)

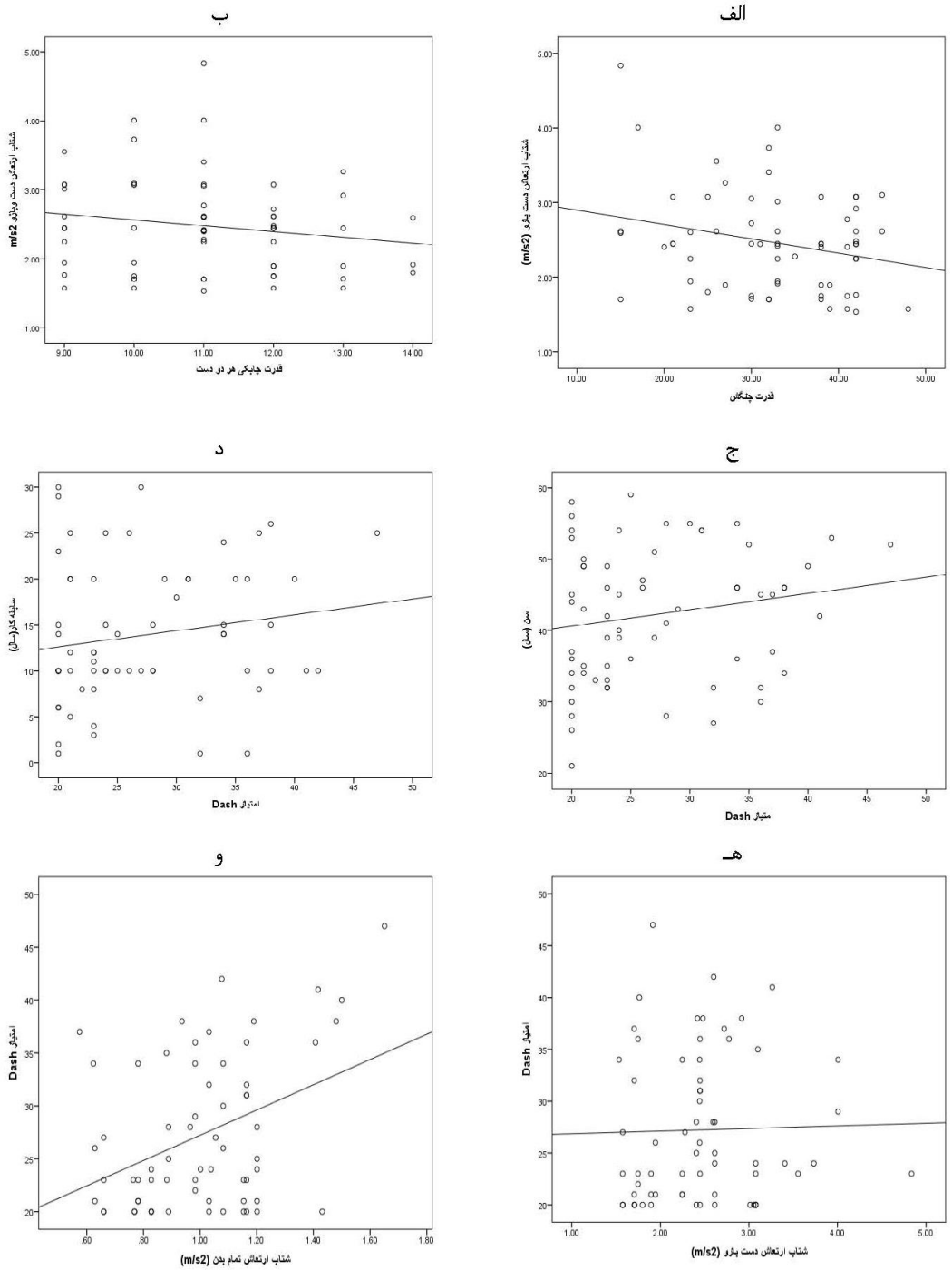
جدول۲. نتایج آزمون عملکرد فیزیکی دستان رانندگان ماشین‌های معدنی

شاخص عملکرد فیزیکی	میانگین (انحراف معیار)		p-value
	گروه مورد	گروه کنترل	
قدرت گرفتن دست غالب برحسب(kg)	۳۲/۱ (۸/۲)	۴۵/۰ (۱/۵)	۰/۰۰۱
چابکی دست راست	۱۴/۱ (۱/۹)	۱۶/۲ (۲/۴)	۰/۰۰۱
چابکی دست چپ	۱۳/۱ (۶/۵)	۱۵/۲ (۱/۴)	۰/۰۰۱
چابکی هر دو دست به طور همزمان	۱۱/۱ (۱/۴)	۲۵/۳ (۲/۲)	۰/۰۰۱
فعالیت مونتاژ	۶/۷ (۳/۰)	۷/۱ (۶/۰)	۰/۰۰۱

www.SID.ir

Archive of SID

نمودارهای «الف» و «ب» شکل ۱ پراکنش قدرت چابکی دست و قدرت چنگش دستان در مقایسه با شدت ارتعاش دست-بازو را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد بین مواجهه با ارتعاش دست-بازو و میانگین قدرت چنگش دستان ارتباط منفی و معنی‌داری وجود داشت (p <۰/۰۵ و r =-۰/۲۴۴). همچنین بین مواجهه با ارتعاش دست-بازو و قدرت چابکی دو دست ارتباط منفی معنی‌داری وجود داشت (p <۰/۰۵ و r =۰-/۱۶۷).



شکل ۱. نمودارهای پراکنش؛ الف) پراکنش قدرت چنگش بر اساس شتاب ارتعاش دست- بازو؛ ب) قدرت چابکی هر دو دست بر اساس شتاب ارتعاش دست-بازو؛ ج) پراکنش امتیاز *DASH* بر اساس سن؛ د) پراکنش امتیاز *DASH* بر اساس سابقه کار؛ هـ) پراکنش امتیاز *DASH* بر اساس شتاب ارتعاش دست-بازو؛ و) پراکنش امتیاز *DASH* براساس شتاب ارتعاش تمام بدن

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی ارتباط بین سن و سابقه‌کار رانندگان با امتیاز کسب شده در پرسش‌نامه *DASH* در نمودارهای «ج» و «د» شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد بین سن و امتیاز *DASH* ارتباط معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵ و r =۰/۱۷۶). همچنین بین سابقه‌کار و امتیاز *DASH* ارتباط معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵ و r =۰/۱۶۴).

ارتباط بین امتیاز *DASH* با مقادیر ارتعاش دست-بازو و تمام‌بدن در نمودارهای «هـ» و «و» شکل۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد بین مواجهه با ارتعاش دست-بازو و امتیاز *DASH* ارتباط معنی‌داری وجود نداشت (p >۰/۰۵ و r =۰/۰۷). همچنین بین ارتعاش تمام‌بدن و امتیاز *DASH* ارتباط معنی-داری وجود داشت (p <۰/۰۵ و r =۰/۳۹۶).

مدل رگرسیون پیش‌بینی امتیاز *DASH*

به‌منظور پیش‌بینی امتیاز *DASH* بر اساس متغیرهای اندازه‌گیری‌شده از مدل رگرسیون چندگانه استفاده شد. نتایج بهترین مدل توسعه داده شده در جدول ۳ ارایه شده‌است. در این مدل متغیرهایی که به‌عنوان پیشگو وارد مدل شدند شامل سن، سابقه‌کار، نمایه توده بدنی، ارتعاش تمام‌بدن و ارتعاش دست-بازو بود. نتایج نشان داد که تنها ارتعاش تمام بدن در حضور سایر متغیرهای پیشگو، اثر معناداری بر امتیاز *DASH* داشته است (p<۰/۰۵). ضریب تعیین مدل پیش‌بینی رگرسیونی برابر ۰/۲۰۷ است که نشان می‌دهد متغیرهای مورد نظر حدود ۲۰ درصد از تغییرات امتیاز *DASH* را پیش‌بینی می‌کنند.

جدول ۳. مدل رگرسیون چندگانه پیش‌بینی امتیاز *DASH* در رانندگان ماشین‌های معدنی

متغیرهای مدل	استاندارد نشده			استاندارد شده	*t*	*p-value*
	B	*Std. Error*	*Beta*			
ثابت	۱۰/۷۰۳	۹/۲۵۷	-	۱/۱۵۶	۰/۲۵۳	ثابت
ارتعاش تمام بدن	۱۲/۱۲۱	۳/۵۹۴	۰/۴۰۷	۳/۳۷۲	۰/۰۰۱	ارتعاش تمام بدن
ارتعاش دست و بازو	-۰/۵۴۸	۱/۲۵۳	-۰/۰۵۳	-۰/۴۳۷	۰/۶۶۳	ارتعاش دست و بازو
سابقه کار	۰/۰۰۲	۰/۱۶۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	۰/۹۸۸	سابقه کار
سن	۰/۱۲۶	۰/۱۳۰	۰/۱۶۲	۰/۹۶۹	۰/۳۳۷	سن
نمایه توده بدنی	۰/۰۲۳	۰/۲۸۵	۰/۰۱۰	۰/۰۸۲	۰/۹۳۵	نمایه توده بدنی

بحث

یکی از عوامل زیان‌آور شغلی که رانندگان ماشین‌های معدنی به‌صورت روزانه با آن مواجهه دارند ارتعاش می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات ارتعاش بر عملکرد فیزیکی دست رانندگان ماشین‌های معدنی در یکی از معادن سنگ آهن استان کردستان انجام گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد میانگین شتاب ارتعاش تمام‌بدن معادل ۸ ساعته رانندگان ماشین‌های معدنی بالاتر از حدمجاز توصیه‌شده قرار-داشت که با نتایج مطالعه امکانی و همکاران [۷] و هاشمی‌نژاد و همکاران [۹] مطابقت داشت. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد میانگین شتاب معادل ۸ ساعته ارتعاش دست-بازوی رانندگان ماشین‌های معدنی پایین‌تر از حدمجاز توصیه شده قرار دارد؛ با این حال، شواهد این مطالعه نشان داد که مواجهه با ارتعاش دست-بازو، عاملی برای کاهش عملکرد اندام فوقانی رانندگان می‌باشد.

به‌منظور بررسی میزان ناتوانی اندام فوقانی رانندگان از پرسش‌نامه *DASH* استفاده‌شد. نتایج در این خصوص نشان داد که ۳۷ نفر (۵۶/۹ درصد) دارای مشکل خفیف ناتوانی و مابقی افراد (۴۳/۱ درصد) دارای مشکل متوسط ناتوانی در اندام فوقانی بودند. مطالعه‌ای که تقی‌زاده و همکاران برروی رانندگان اتوبوس و تاکسی انجام دادند نیز نشان داد که ۵۸ درصد رانندگان اتوبوس دارای مشکل خفیف در اندام فوقانی بودند که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج مطالعه ایشان نشان

www.SID.ir

Archive of SID

داد که در بین رانندگان اتوبوس و تاکسی، ناتوانی کامل وجود نداشت که با نتایج مطالعه ما، هم راستا بود [۲۳]. شایان ذکر است ناتوانی برای انجام کارها و خستگی شغلی، یکی از علل ریشه‌ای برای بروز حوادث شغلی است. بر اساس نتایج مطالعات پیشین، خستگی رانندگان پس از یک بازه رانندگی می‌تواند باعث اختلال در عملکردشناختی آن‌ها شده و با افزایش احتمال خطا، شانس بروز حوادث را در این افراد افزایش دهد [۲, ۲۴].

نتایج مطالعه حاضر همچنین نشان داد با افزایش سن و سابقه‌کار، ناتوانی رانندگان در اندام فوقانی نیز افزایش پیدا می‌کند. در مطالعه *Obelenis* و همکاران نیز نشان داده‌شده بود که سن می‌تواند یکی از عوامل ایجاد اختلالات و ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در رانندگان اتوبوس باشد که نتایج مطالعه حاضر را تایید می‌کند [۲۵]. با افزایش سن، بر اساس تغییرات فیزیولوژیک و کاهش ابعاد بدنی و حدود دسترسی، فشار وارد بر لیگامنت‌ها و مفاصل بیشتر می‌شود. از طرفی، توده عضلانی هم با افزایش سن، کاهش یافته و بار درونی وارد بر بدن (ناشی از اعمال نیرو) افزایش خواهد یافت. این مسئله در مطالعات پیشین نیز مورد توجه قرار گرفته است [۲۶،۲۸].

آزمون قدرت چنگش و سطح چابکی به‌منظور تعیین عملکرد فیزیکی دست رانندگان مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان‌داد که میانگین قدرت چنگش در رانندگان نسبت به گروه شاهد، به‌صورت معناداری در سطح پایین‌تری قراردارد ($p<۰/۰۵$). درخصوص ارتباط بین مواجهه با ارتعاش دست-بازو با میانگین قدرت چنگش دست، مشخص شد همبستگی خطی و معکوس بین مواجهه با ارتعاش دست-بازو و قدرت چنگش وجود دارد. در یکی از مطالعات پیشین نیز که به‌منظور بررسی اثر مواجهه با ارتعاش بر قدرت چنگش در جوامع مختلف انجام شده است نتایج نشان داد که با افزایش مواجهه با ارتعاش، قدرت چنگش کاهش می‌یابد [۲۹]. در مطالعه حبیبی و همکاران نیز، نتایج حاکی از آن بود که مواجهه با ارتعاش می‌تواند قدرت چنگش را کاهش‌دهد که با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا بود [۳۰]. یکی از انواع حوادث شغلی رانندگان ماشین‌های معدنی سقوط در هنگام گرفتن و رها کردن دستگیره‌های وسایل نقلیه در عملیات معدنی است. گزارش‌ها نشان می‌دهد اختلال در تعادل در اثر ارتعاش تمام بدن و پوسچرهای نامطلوب روی وسایل نقلیه و همچنین کاهش قدرت چنگش و اختلالات حسی می‌تواند از علل سقوط و ریسک‌فاکتور حوادث باشد [۱۰]. علاوه بر این، نتایج آزمون پگ‌بورد نیز نشان داد که چابکی دست رانندگان در تمام مراحل (دست راست، دست چپ، هردو دست به‌صورت همزمان و مونتاژ کردن) از مقادیر متناظر در گروه شاهد کمتر بود ($p<۰/۰۵$). کل رانندگان مورد بررسی (۱۰۰ درصد) از لحاظ آزمون حسی انگشتان در محدوده طبیعی قرار داشتند که نشان‌می‌دهد ارتعاش دست-بازو در ایجاد عوارض حسی تاثیرگذار نبوده‌است. نتایج مطالعه حاضر هم تأیید نمود میانگین شتاب معادل ۸ ساعته ارتعاش دست-بازو رانندگان ماشین‌های معدنی پایین‌تر از حدمجاز توصیه‌شده قرار دارد.

نتایج مدل رگرسیون پیش‌بینی امتیاز *DASH* نشان داد که تنها ارتعاش تمام‌بدن در حضور سایر متغیرهایی که در مدل قرار داشتند (ارتعاش دست-بازو، سن، سابقه‌کار و نمایه توده‌بدنی)، اثر معناداری بر امتیاز *DASH* داشته‌است. مواجهه طولانی مدت با ارتعاش تمام بدن می‌تواند اثرات مختلفی بر سیستم فیزیولوژیک انسان داشته باشد. شواهد حاصل از مطالعات قبلی نشان داده است که مواجهه با ارتعاش به صورت مستقیم با اختلالات اسکتی عضلانی در ارتباط بوده [۳۱, ۳۲] و اختلالات اسکلتی عضلانی نیز، یکی از عوامل مؤثر بر ناتوانی افراد در انجام کارها است [۳۳, ۳۴]. در خصوص رانندگان نیز، یافته‌های مطالعات پیشین حاکی از وجود ارتباط بین مواجهه با ارتعاش تمام‌بدن و اختلالات اسکلتی-عضلانی است که نتایج این مطالعه را تایید می‌کنند [۷, ۲۳]. ضریب تعیین مدل فوق برابر با ۰/۲۰۷ بوده که نشان‌می‌دهد متغیرهای موردنظر تنها حدود ۲۰ درصد از تغییرات امتیاز *DASH* را پیش‌بینی می‌کنند. با توجه پایین‌بودن میانگین شتاب معادل ۸ ساعته ارتعاش دست-بازو رانندگان می‌توان نتیجه گرفت ارتعاش دست-بازو نقش معنی‌داری در ایجاد ناتوانی و اختلال در عملکرد فیزیکی رانندگان ندارد.

باتوجه‌به محدودیت در حجم نمونه رانندگانی که تمایل به شرکت در مطالعه را اعلام کردند، اثر سایر ریسک‌فاکتورهای مؤثر بر ناتوانی و عملکرد فیزیکی در معیارهای ورود رانندگان به مطالعه کنترل‌شد. بنابراین توصیه می‌شود مطالعه تکمیلی با دخیل‌کردن متغیرهای دیگری از قبیل فاکتورهای ارگونومیکی (بارکاری، پوسچرهای حین کار)، سازمانی و روانی محیط کار انجام گردد. همچنین با توجه به این که مطالعهٔ حاضر در فیلد و با توجه به مواجهه در شرایط واقعی صورت گرفت، توانایی تفکیک اثرات مواجهه با سطوح مختلف ارتعاش میسر نبود. تکرار این مطالعه در شرایط شبیه‌سازی شده در آزمایشگاه، ممکن است نتایج مطلوبی در این زمینه گزارش کند. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده ناتوانی‌های اندام فوقانی با استفاده از روش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کلینیکی و عینی بررسی گردد. وضعیت جاده‌های معدن و عمر موتور ماشین‌های معدنی، نحوه تعمیرات نگهداری خودروها از جمله ریسک‌فاکتورهای افزایش ارتعاش ماشین‌های معدنی است که پیشنهاد می‌گردد اجرای اقدامات اصلاحی و دستورالعمل‌های آموزشی در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری

در رانندگان ماشین‌های معدنی سطح ارتعاش تمام‌بدن بالاتر و سطح ارتعاش دست-بازو پایین‌تر از حد مجاز کشوری قرار داشت. نتایج تأیید نمود سطح عملکرد فیزیکی در بین رانندگان نسبت به گروه شاهد کاهش یافته است. حدود ۴۳ درصد رانندگان دارای ناتوانی متوسط در اندام فوقانی بودند. بین مواجهه با ارتعاش دست-بازو و عملکرد فیزیکی ارتباط معنی-داری وجود داشت. نتایج مدل رگرسیون تایید نمود که ارتعاش تمام‌بدن ناشی از ماشین‌های معدنی در حضور سایر متغیرهای پیشگو، عامل مؤثری بر سطح ناتوانی رانندگان است. جهت پیشگیری از عوارض ارتعاش در مواجهه طولانی‌مدت به دلیل ماهیت شغلی رانندگان، ارائه و اجرای روش‌های مراقبتی، معاینات و پایش‌های دوره‌ای سلامت و اقدامات فنی کنترلی احتمالی می‌بایست مورد توجه مسئولین بهداشت حرفه‌ای قرار گیرد.

تشکر وقدردانی

این مقاله براساس نتایج طرح تحقیقاتی ثبت شده به شمارهٔ ۹۹۰۳۰۶۱۳۴۶ در معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان مستخرج شده و شایسته است از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان به خاطر تأمین منابع مالی این پژوهش تشکر و قدردانی شود.

تأییدیه اخلاقی

مطالعه حاضر از سوی کمیتهٔ اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با شناسه *IR.UMSHA.REC.1399.103* مورد تأیید قرار گرفته است.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچگونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

منابع مالی

این مطالعه با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام شده است.

References

1. *Griffin MJ, Erdreich J. Handbook of human vibration. Acoustical Society of America; 1991.*
2. *Rahmani R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Evaluation of Cognitive Performance of City Bus Drivers with Respect to Noise and Vibration Exposure. Acoustics Australia. 2021 2021/07/22.*
3. *Raffler N, Rissler J, Ellegast R, Schikowsky C, Kraus T, Ochsmann E. Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: a cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements. Ergonomics. 2017 2017/11/02;60(11):1564-75. [DOI:10.1080/00140139.2017.1314554] [PMID]*
4. *Gerhardsson L, Hagberg M. Work ability in vibration-exposed workers. Occupational Medicine (Oxford, England). 2014;64(8):629-34. [DOI:10.1093/occmed/kqu121] [PMID]*
5. *Choy N, Sim CS, Yoon JK, Kim SH, Park HO, Lee JH, et al. A case of Raynaud's Phenomenon of both feet in a rock drill operator with hand-arm vibration syndrome. Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2008;20(2):119-26.*
6. *Palmer KT, Griffin MJ, Bendall H, Pannett B, Coggon D. Prevalence and pattern of occupational exposure to whole body vibration in Great Britain: findings from a national survey. Occupational and environmental medicine. 2000;57(4):229-36. [DOI: 10.1136/oem.57.4.229] [PMID]*
7. *Emkani M, Hashemi Nejad N, Jalilian H, Gholami M, Sadeghi N. Exposure to whole body vibration in heavy mine vehicle drivers and its association with upper limbs musculoskeletal disorders. Journal of Occupational Health and Epidemiology. 2016;5(1). [DOI:10.18869/acadpub.johe.5.4.226] [PMID]*
8. *Yousefi Y. Health Effects of Long-term Occupational Exposure to Whole Body Vibration: A Study on Drivers of Heavy Motor Vehicles in Iran. J Health Sci Surveillance Sys April 2016;4;2.*
9. *Hashemi Nejad N, Barkhordari A, Zolala F, Emkani M. Assessment of Whole Body Vibration in the Heavy Mine Vehicles Drivers of Gol Gohar Sirjan Complex. Tolooebehdasht. 2015;13(5):1-12.*
10. *Pollard J, Porter W, Mayton A, Xu X, Weston E. The effect of vibration exposure during haul truck operation on grip strength, touch sensation, and balance. International journal of industrial ergonomics. 2017;57:23-31. [DOI:10.1016/j.ergon.2016.11.009] [PMID]*
11. *Khavanin A, Mirzaee R, Safari M, Soleimanian A. Evaluation of whole body vibration in bus drivers of Tehran bus company in 2010. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;5(2):253-62.*
12. *Neghab M, Kasaeinasab A, Yousefi Y, Hassanzadeh J, Sarreshtedar H, Alighanbari N. Health Effects of Long-term Occupational Exposure to Whole Body Vibration:*

www.SID.ir

A Study on Drivers of Heavy Motor Vehicles in Iran. J Health Sci Surveillance Sys. 2016;4(2):76-82.

13. *Azizan A, Fard M, Azari MF, Jazar R. Effects of vibration on occupant driving performance under simulated driving conditions. Applied Ergonomics. 2017 2017/04/01/;60:348-55. [DOI:10.1016/j.apergo.2016.12.020] [PMID]*
14. *Costa N, Arezes PM, Melo RB. Effects of occupational vibration exposure on cognitive/motor performance. International Journal of Industrial Ergonomics. 2014 2014/09/01/;44(5):654-61. [DOI:10.1016/j.ergon.2014.07.005] [PMID]*
15. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). The Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices. (BEIs). ACGIH, Cincinnati, 2021.*
16. *Khavanin A, Mirzaee R, Safari M, Soleimanian A. Evaluation of whole Body Vibration in Bus Drivers of Tehran Bus Company in 2010. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;5(2):253-62. eng.*
17. *ISO I.5349. Mechanical vibration—measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration—part 1: general requirements. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2001.*
18. *ISO 2631-2004: Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2004.*
19. *Allahyari T, Jafari S, Khalkhali H. Measuring power hand grip strength in a sample of students aged 19-36 in Urmia. Journal of Ergonomics. 2015;3(3):44-50. eng.*
20. *Instrument L. Purdue pegboard test user instructions. Model 32020A. Lafayette, USA; 2015.*
21. *Ghasemi F, Mollabahrami F, Najafi K, Heidari B, Taheri E. Investigation of the Effect of Different Firefighting Gloves on the Dexterity of Hands and Fingers. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2019;6(3):54-64. [DOI:10.52547/johe.6.3.54] [PMID]*
22. *Saedpanah K, Aliabadi M, Mohtamedzadeh M, Golmohammadi R. Study the level of cold strain and its relationship with physiological responses in auto mechanics employs. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2018;10(2):62-71. eng.*
23. *Sh T, Haghighat F, Piroozi S, Karimi A, Khanali Nejad D. The survey and comparison of musculoskeletal disorders of shoulder, arm and hand in taxi and bus drivers in the city of Shiraz in 2016. Archives of Rehabilitation. 2018;19(1):64-75.*
24. *Hassan zadeh N, Farshad N, Khosravi Y, Shafaee gholami P, Zare G. The survey of relationship between occupational cognitive failures and safety performance among bus drivers. Iran Occupational Health Journal. 2013;10(6):13-23. eng.*
25. *Obelenis V, Gedgaudienė D, Vasilavičius P. Working conditions and health of the employees of public bus and trolleybus transport in Lithuania. Medicina. 2003;39(11):1103-9.*
26. *Ghasemi F, Gholamizadeh K, Rahmani R, Doosti-Irani A. Prevalence and severity of carpal tunnel syndrome symptoms among Iranian butchers and their association with occupational risk factors: Implications for ergonomic interventions. Work. 2020;66:817-25. [DOI:10.3233/WOR-203227] [PMID]*
27. *Heiden B, Weigl M, Angerer P, Müller A. Association of age and physical job demands with musculoskeletal disorders in nurses. Applied Ergonomics. 2013 2013/07/01/;44(4):652-8. [DOI: 10.1016/j.apergo.2013.01.001] [PMID]*
28. *28. Ghasemi F, Rahmani R, Behmaneshpour F, Fazli B. Quality of work life among surgeons and its association with musculoskeletal complaints. Cogent Psychology. 2021 2021/12/31;8(1):1880256.*
29. *Widia M, Md Dawal SZ. The Effect of Vibration on Muscle Activity and Grip Strength Using an Electric Drill. Advanced Engineering Forum. 2013;10:318-23. [DOI:10.4028/www.scientific.net/AEF.10.318] [PMID]*
30. *Habibi E, Khajavi R, Dehghan H, Yadegarfar G, Gholamian J. The Effect of Coldness, Vibration, and Anti-vibration Gloves on Grip Force Strength in Controlled Laboratory Condition. health system research. 2018;13(4):451-6. eng. [DOI:10.22122/jhsr.v13i4.3062] [PMID]*
31. *Rahmani R, Shahnavazi S, Fazli B, Ghasemi F. Ergonomic risk assessment of musculoskeletal disorders in a cement factory workers using QEC technique. Pajouhan Scientific Journal. 2020; 18(2):64-72.*
32. *Mandal BB, Srivastava AK. Musculoskeletal disorders in dumper operators exposed to whole body vibration at Indian mines. International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2010 2010/09/01;24(3):233-43. [DOI:10.1080/17480930903526227] [PMID]*
33. *Rahmani R, Hashemi Habybabady R, Mahmoudi MH, Yousefi H, Shahnavazi S. Study of Work Ability Index (WAI) and Its Association with Demographic Characteristics Among Firefighters. Journal of Ergonomics. 2021;9(1):63-74. eng. [DOI:10.30699/jergon.9.1.63] [PMID]*
34. *Jamalizadeh Z, Asivandzadeh E, Zare K, Nazifipour M, Yari P. Can Exposure to Whole-body Vibration Affect the Prevalence of Musculoskeletal Disorders in Operators of Construction Vehicles? A Study in Construction Projects. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2020;6(4):41-9. eng.*

www.SID.ir