ЗАВИСИМОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ПОРОГОВ СЛЫШИМОСТИ У ЧЛЕНОВ ЛЕТНЫХ ЭКИПАЖЕЙ ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ РИСКА

АДЕНИНСКАЯ ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА, канд. мед. наук, руководитель Научно-исследовательского центра профпатологии и гигиены труда гражданской авиации ФБУ «Центральная клиническая больница гражданской авиации», Россия, 125367, Москва, Ивановское шоссе, 7, тел.+7-916-845-50-45, e-mail: loruna@gmail.com

СИМОНОВА НАДЕЖДА ИВАНОВНА, докт. мед. наук, профессор, директор Департамента по науке ЗАО «Клинический институт охраны и условий труда», Россия, 141607, Московская обл., Клин, ул. Дзержинского, 6, e-mail: simonovani@yandex.ru

САВЕЛЬЕВ АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. биол. наук, профессор, профессор кафедры моделирования экологических систем Казанского (Приволжского) федерального университета, Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: anatoly.saveliev.aka.saa@gmail.com

МУХАРАМОВА СВЕТЛАНА САЯСОВНА, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры моделирования экологических систем Казанского (Приволжского) федерального университета, Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: smukhara@gmail.com

Реферат. Цель исследования — разработка доказательных подходов к оценке зависимости и причин, способствующих повышению порогов слышимости в конвенциональном диапазоне частот у членов летных экипажей гражданской авиации от действующих производственных факторов. **Материал и методы.** Проведен анализ 1420 аудиограмм действующих членов летных экипажей Российской Федерации, работающих в 120 авиакомпаниях страны и летающих на 56 типах воздушных судов. При построении моделей регрессии в качестве зависимой переменной принималось отклонение порога слышимости от медианной возрастной нормы, полученное при проведении тональной пороговой аудиометрии. В качестве независимых переменных рассматривали общий стаж работы в летной профессии, общее полетное время и уровень шума в кабине воздушного судна. **Результаты и их обсуждение.** Полученные результаты подтверждают, что у членов летных экипажей гражданской авиации в Российской Федерации уровень производственного шума, равный 80 дБ, является минимальным уровнем воздействия, не приводящим к повышению риска развития потери слуха. Развитие характерных для профессионального заболевания органа слуха аудиометрических изменений происходит аналогично с воздействием шума на работников в иных отраслях экономики (машиностроении, горнодобывающей промышленности, строительстве и др.) в виде «характерного зубца» на частотах 3 и 4 кГц, что полностью согласуется со всеми зарубежными исследованиями с высоким уровнем достоверности. **Выводы.** Установлено, что авиационный шум вызывает у членов летных экипажей повышение порогов слышимости на частотах 3 и 4 кГц, причем зависимость возникает при уровне шума 80 дБА и возрастает с увеличением уровня шума. Повышение порогов слышимости в области восприятия высоких частот не зависит от длительности полетного времени ($p=0,2; 0,5; 0,9$) и слабо зависит от стажа работы (при стаже свыше 20—25 лет зависимость исчезает вследствие превалирования возрастных изменений). Повышение порогов слышимости на частотах 1, 2, 6 и 8 кГц не зависит от влияния авиационного шума. Слух у членов летных экипажей в речевом диапазоне частот ухудшается с увеличением полетного времени, при этом зависимость становится значимой при налете около 15 000 часов и нарастает при его возрастании ($p<0,001$).

Ключевые слова: сенсоневральная тугоухость, профессиональная тугоухость, производственный шум.

Для ссылки: Зависимость повышения порогов слышимости у членов летных экипажей от производственных факторов риска / Е.Е. Аденинская, Н.И. Симонова, А.А. Савельев, С.С. Мухарамова // Вестник современной клинической медицины. — 2018. — Т. 11, вып. 1. — С. 17—22. DOI: 10.20969/VSKM.2018.11(1). 17—22.

AUDITORY THRESHOLD RAISING DEPENDENCE ON PRODUCTION RISK FACTORS IN AIR CREW MEMBERS

ADENINSKAYA ELENA E., C. Med. Sci., Head of Research Center for occupational diseases and occupational health of civil aviation of Central Clinical Hospital of civil aviation, Russia, 125367, Moscow, Ivankovskoye highway, 7, tel.+7-916-845-50-45, e-mail: loruna@gmail.com

SIMONOVA NADEZHDA I., D. Med. Sci., professor, Head of Science school of Klin Institute of professional safety and working conditions, Russia, 141607, Moscow region, Klin, Dzerzhinsky str., 6, e-mail: simonovani@yandex.ru

SAVELYEV ANATOLY A., D. Biol. Sci., professor of the Department of environmental system modeling of Kazan (Privolzhsky) Federal University, Russia, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 18, e-mail: anatoly.saveliev.aka.saa@gmail.com

MUKHARAMOVA SVETLANA S., C. Biol. Sci., associate professor of the Department of environmental system modeling of Kazan (Privolzhsky) Federal University, Russia, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 18, e-mail: smukhara@gmail.com

Abstract. Aim. Evidence-based approaches for assessment the dependence of raising hearing threshold on operating production factors and the reasons for it in conventional frequency range in members of civil aviation crews have been developed. **Material and methods.** Analysis of 1420 audiograms from current air crew members of the Russian

Federation operating at 120 airlines of the country flying on 56 types of aircraft was carried out. When constructing models of linear regression the deviation of the audibility threshold from the median age norm obtained with tone threshold audiometry was taken as a dependent variable. As the independent variables, the total duration of service in flying profession, the total flight time and noise level in the cockpit of the aircraft were considered. **Results and discussion.** The results obtained from the members of civil aviation air crews in the Russian Federation confirm that the level of industrial noise equal to 80 dB is the minimal level of impact that does not lead to an increased risk of hearing loss. Typical occupational disease development in the hearing organ such as audiometric changes are similar to the noise effects on workers from the other economy sectors (machine building, mining, construction, etc.). It appears as a «typical wave» at frequencies of 3 and 4 kHz, which fully corresponds with all international studies with a high level of significance. **Conclusion.** It was established that aircraft noise causes rising of the hearing thresholds at the frequencies of 3 and 4 kHz in air crew members, with the dependence occurring at a noise level of 80 dBA increasing accordingly with the noise level. The increase in hearing thresholds in the area of high frequency perception does not depend on flight duration ($p=0,2; 0,5; 0,9$) and slightly depends only on the duration of service (for a record of more than 20—25 years the dependence disappears due to prevalence of age-related changes). The increase in auditory thresholds at frequencies of 1, 2, 6 and 8 kHz does not depend on the effect of aircraft noise. The rumor among air crew members in the speech frequency range worsens with increasing flight time, with the dependence becoming significant with a flight time of about 15,000 hours and increasing correspondingly ($p<0,001$).

Key words: sensor neural hearing loss, noise induced hearing loss, industrial noise.

For reference: Adeninskaya EE, Simonova NI, Saveliev AA, Muharamova SS. Auditory threshold raising dependence on production risk factors in air crew members. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2018; 11 (1): 17-22.

DOI: 10.20969/VSKM.2018.11(1). 17-22.

Введение. В Российской Федерации (РФ) на конец 2014 г. в организациях всех форм собственности было занято на работах с вредными и опасными условиями труда по шумовому фактору 2 320 888 чел., из них членов летного экипажа — 21 654 чел., что составляет менее одного процента (0,93%). В то же время удельный вес профессиональной заболеваемости у членов летных экипажей достигает 28% от общего числа работников с впервые выявленной профессиональной потерей слуха, причем он значительно выше в субъектах РФ, имеющих развитую инфраструктуру гражданской авиации (ГА) и использующих самолеты новых моделей, отвечающие требованиям отечественных гигиенических нормативов по уровням шума.

По данным отчетов врачебно-летных экспертных комиссий за 2015 г., среди всех членов летных экипажей, признанных негодными к выполнению летной работы, 85% имеют основной диагноз «хроническая двусторонняя сенсоневральная тугоухость» (ДСНТ).

Большинство случаев ДСНТ, диагностированных у членов летных экипажей ГА, было связано с профессией, т.е. признано профессиональным заболеванием, несмотря на то, что данное заболевание является полиэтиологичным.

Вызванная шумом потеря слуха, как правило, сопровождается и зачастую маскируется возрастной потерей слуха, а иногда иными дополнительными формами нарушения слуха, которые могут быть индуцированы различными как экзогенными, так и эндогенными факторами [1—3].

В РФ 78% случаев негодности к летной работе по причинам нарушения слуховой функции установлено в возрастной категории свыше 60 лет на фоне физиологического повышения порогов слышимости и ряда сопутствующей экстраауральной, т.е. внеслуховой, патологии. Так, сравнительный анализ динамики впервые выявленной ДСНТ и установленных профессиональных заболеваний органа слуха у членов летных экипажей ГА показывает, что в 2008—2011 гг. профессиональные заболевания составляли 30—60% от всех случаев диагностики ДСНТ. Однако в 2012 г. их удельный вес достиг уже

73,4%, в 2013 г. — 92,2%, в 2014 и 2015 гг. превысил число впервые диагностированных случаев ДСНТ на 16% и 70% соответственно, т.е. с профессией были связаны не только практически все вновь выявленные, но и большинство ранее выявленных случаев тугоухости. В конечном счете заключительный диагноз профессионального заболевания «потеря слуха, вызванная шумом» (ПСВШ) оформляется не менее чем у 95% членов летного экипажа гражданской авиации с ДСНТ, как правило, сразу после прекращения летной деятельности.

Как отечественные, так и международные подходы к диагностике профессиональных заболеваний предусматривают наличие четких или сильных связей патологических процессов, формирующихся в организме, с родом занятий и, как правило, с одним причинным фактором. Однако в РФ к настоящему времени сформировалось выраженное противоречие с экономически развитыми странами в отношении частоты выявления у членов летных экипажей ГА потери слуха, вызванной шумом, которая проявляется в виде ДСНТ, на фоне отсутствия корреляции между фактическими уровнями шума в кабинах воздушных судов и показателями заболеваемости [4].

Целью работы является разработка доказательных подходов к оценке аудиометрической кривой в зависимости от действующих производственных факторов. Для решения вопроса о причинах, способствующих повышению порогов слышимости в конвенциональном диапазоне частот у членов летных экипажей, было поставлено три задачи:

1. Определение зависимости величины снижения порогов слышимости по сравнению с возрастной нормой от уровня шума в кабине — по каждой частоте и доле множества для левого и правого уха.
2. Определение зависимости величины снижения порогов слышимости от стажа работы в летной профессии.
3. Определение зависимости величины снижения порогов слышимости от полетного времени.

Материал и методы. Проведено 1 420 тональных пороговых аудиометрий (2 840 ушей) в

конвенциональном диапазоне частот. Для решения поставленных задач проведены расчеты отклонения порогов слышимости в зависимости от возраста у мужчин. При построении моделей регрессии в качестве зависимой переменной принимали отклонение порога слышимости от медианной возрастной нормы, полученное при проведении тональной пороговой аудиометрии на основе ГОСТ Р ИСО 7029-2011. Для поиска всевозможных зависимостей отдельно были рассмотрены данные среднего отклонения порога слышимости (дБ) на следующих частотах (кГц): 1; 2; 3; 4; 6; 8; (3+4+6); (2+3+4); (0,5+1+2+3); (4+6); (0,5+1+2); (3+4+6+8); (0,5+1+2+4). В качестве независимых переменных рассматривали общий стаж работы в летной профессии, общее полетное время и уровень шума в кабине воздушного судна.

Модель строилась следующим образом: вычислялась вероятность отклонения порога слышимости от возрастной нормы и переводилась на логистическую шкалу: если P — доля людей, у которых порог выше, чем у рассматриваемого пилота, то на логистической шкале мы получаем значение:

$$Y_{\logist} = \ln \left(\frac{1-P}{P} \right). \quad (1)$$

Таким образом, полученные коэффициенты связаны с рисками и отношением шансов, причем величина P пересчитана в обратную вычитанием из единицы: чем больше полученное значение (1), тем лучше слух.

Если мы рассмотрим двух летчиков, то разность линейных предикторов в правой части модели будет равна логарифму отношения шансов и иметь такой слух

$$Y_{\logist,1} - Y_{\logist,2} = \ln \left(\frac{1-P_1}{P_1} / \frac{1-P_2}{P_2} \right). \quad (2)$$

Строим модель зависимости вида

$$Y_{\logist} = a_0 + a_1 Lk + a_2 Stage + a_3 Tm, \quad (3)$$

где Lk — уровень шума в кабине;

$Stage$ — стаж;

Tm — налет.

С использованием моделей оценивалось наличие, линейность и значимость этих зависимостей. Для оценки нелинейности использовалась обобщенная аддитивная модель

$$Y_{\logist} = a_0 + s(Lk) + s(Stage) + s(Tm), \quad (4)$$

где $s(\dots)$ — сплайн оптимальной нелинейности.

Нелинейность оценивалось как число степеней свободы сплайна (для всех факторов она соответствует квадратичной зависимости или близкой к ней по степени «извилистости» или нелинейности) и выбиралась по максимуму прогнозной способности модели методом обобщенной перекрестной проверки. Проводилась оценка уровня значимости для (3); все факторы с уровнем значимости менее 0,05 рассматривались как значимые.

Результаты и их обсуждение. У обследованных членов летных экипажей ($n=1\,420$ чел.) средний возраст составил 56,6 года (95% ДИ 56,3—56,8 года); средний профессиональный стаж — 32,8 года (95% ДИ 32,5—33,1); средний налет — 12 734,2 ч (95% ДИ 1253,7—12954,6).

На первом этапе оценки полученные модели логистической регрессии использовались для описания риска нарушения слуха в зависимости от внутрикабинного авиационного шума (рис. 1). На представленных моделях видно, что порог слышимости на частоте 4 кГц больше всего зависит от воздействия авиационного шума, что подтверждается достаточным уровнем значимости ($p=0,0178$) и долей объясненной дисперсии и изменчивости (3,05—3,24%).

Аналогичная зависимость выявлена и на частоте 3 кГц, но доля дисперсии здесь менее 2%, т.е. факторы хотя и значимы, но их не видно на фоне всех остальных, поскольку повышение порогов слышимости на частоте 3 кГц зависит от многих факторов, в том числе и от авиационного шума.

Повышение порогов слышимости на частотах 1, 2, 6 и 8 кГц не зависит от влияния авиационного шума. Соответственно, использование уровня порогов слышимости на частотах 1 и 8 кГц в качестве опорных точек для определения шумового порога слышимости оправдано, что согласуется с рядом зарубежных исследований [5—7].

Анализируя среднеарифметические значения диапазонов частот, можно сделать предварительный вывод о том, что если в диапазоне частот присутствует лишь одна из частот 3 или 4 кГц: $(0,5+1+2+3)/4$; $(4+6)/2$; $(3+4+6+8)/4$; $(0,5+1+2+4)/4$, то степень зависимости резко падает. Как правило, в этих случаях зависимость либо отсутствует, либо выявляется на низшем уровне статистической значимости ($p=0,05$). При моделировании на наборе частот речевого диапазона $(0,5+1+2)/3$ зависимость от авиационного шума не выявлена.

В анализируемой нами группе членов летных экипажей лишь 8,8% работников (203 чел.) имели контакт с внутрикабинным шумом от 90 до 104 дБА; 4,2% (96 чел.) работали при уровне шума 85—89 дБА и 27,9% (639 чел.) — при уровне шума 8—84 дБА.

На втором этапе работы было проведено построение моделей зависимости порогов слышимости от стажа летной работы (рис. 2).

По результатам построения модели зависимости порогов слышимости от стажа работы видно, что наиболее высокий уровень зависимости выявлен на частотах 4, 6 и 8 кГц со значением $p=0,000002$, 0,000006 и 0,00001 соответственно. При этом уровень данной зависимости начинал резко понижаться с увеличением стажа работы свыше 20 лет, т.е. зависимость порогов слышимости на частотах 4, 6 и 8 кГц от стажа работы бесспорна до 20—25 лет стажа, затем кривая зависимости резко опускается. Эти результаты можно объяснить влиянием возраста, поскольку с возрастом увеличивается отклонение порогов слышимости от аудиометрического

Рис. 1. Модель логистической регрессии (4): частные зависимости порогов слышимости от уровня внутрикабинного авиационного шума

Рис. 2. Модель логистической регрессии (4): частные зависимости порогов слышимости от стажа летной работы

нуля — чем старше работник, тем разница между фактическими порогами слышимости и возрастной нормой меньше.

Выявлена слабая зависимость отклонения порогов слышимости на частотах 2, 3 кГц ($p=0,0209$; $0,02762$ соответственно). Однако эта значимость начинает уменьшаться при стаже свыше 30 лет, что также можно объяснить влиянием возраста. Пороги слышимости с возрастом на частоте 3 кГц повышаются меньше (медленнее), чем на частотах 4 кГц и более.

Рабочее время члена экипажа воздушного судна состоит из времени полетной смены, времени работы на земле между полетными сменами и времени перемещения в качестве пассажира по заданию (распоряжению) работодателя, причем в совокупности оно не может превышать 36 ч в неделю. Полетная смена включает период рабочего времени с начала предполетной подготовки до завершения послеполетных работ. Время от начала запуска двигателя (двигателей) на воздушном судне перед взлетом до момента выключения двигателя (двигателей) после окончания полета — для самолетов, и с момента начала вращения лопастей несущих винтов и до момента их полной остановки — для

вертолетов определяется как «полетное время». Только в период полетного времени члены летных экипажей могут быть подвержены воздействию вредных факторов, в том числе и авиационного шума. Длительность полетного времени не может превышать 800—900 ч в год.

Среднегодовое полетное время в исследуемой группе летчиков составило 412,3 ч в год в среднем (95% ДИ 405,87—418,87). Минимальное значение среднего полетного времени в год за весь стаж работы составило 22 ч, максимальное — 857 ч, что явилось основанием для построения гипотезы о зависимости развития шумовых нарушений слуха от полетного времени, для подтверждения которой была поставлена третья задача: определение зависимости порогов слышимости от длительности полетного времени (рис. 3).

Результаты анализа зависимости порогов слышимости от полетного времени четко делятся на две группы: влияние либо отсутствует, либо имеет место наличие влияния при высшем уровне статистической значимости ($p = 0,001$). В речевом диапазоне частот выявлена сильная статистическая значимость повышения порогов слышимости от полетного времени на частотах 1 кГц ($p=0,00018$)

Рис. 3. Модель логистической регрессии (4): частные зависимости порогов слышимости от длительности полетного времени

и следующих диапазонах частот — 0,5, 1, 2 и 4 кГц ($p=0,00473$); 0,5, 1 и 2 кГц ($p=0,00001$); 0,5, 1, 2 и 3 кГц ($p=0,0004$).

Обращает на себя внимание, что в случае нахождения в исследуемом диапазоне частот 3 и 4 кГц влияние частот речевого диапазона остается доминирующим. Лишь в случае присутствия в модели частоты 4 кГц (0,5, 1, 2 и 4 кГц) уровень значимости незначительно уменьшается ($p=0,01$). Пороги слышимости в речевом диапазоне начинают повышаться при общем полетном времени от 15 000 ч и выше.

Повышение порогов слышимости не зависит от длительности полетного времени в области восприятия высоких частот, а именно 3, 4 и 6 кГц ($p=0,23774$, 0,51746 и 0,929). Аналогичные результаты получены по данным среднеарифметических значений диапазонов 3, 4, 6 и 8 кГц; 4 и 6 кГц; 3, 4 и 6 кГц; 2, 3 и 4 кГц.

Таким образом, можно утверждать, что изменения слуха от воздействия производственного шума, превышающего ПДУ (80 дБА), формируются у членов летных экипажей в первые 15—20 лет работы, затем с увеличением возраста эффект ПСВШ замедляется, в то время как эффект старения усиливается в течение продолжительного времени. Слух у работников может ухудшаться, но причиной данного ухудшения не является производственный шум.

Дисперсионный анализ показал, что имеется слабая зависимость повышения порогов слышимости в области восприятия высоких частот от стажа работы, в условиях шума, причем при стаже свыше 20—25 лет эта зависимость исчезает полностью. Следует отметить, что в ряде исследований показано, что высокие уровни шума (115—128 дБ) приводят к развитию тугоухости уже в первые 3 года стажа работы, при уровнях шума 90—100 дБ — в течение первых 6—8 лет, а при более низких уровнях (85, 90, 95 дБ) повышение порогов звуковосприятия с типичным зубцом на 4 кГц формируется не ранее чем через 10—15 лет профессионального стажа [8].

Выводы:

1. У членов летных экипажей авиационный шум вызывает ухудшение слуха на частотах 3 и 4 кГц. Зависимость возникает при уровне шума 80 дБА, возрастает с увеличением уровня самого шума, но снижается с увеличением стажа работы (при стаже свыше 20—25 лет зависимость отсутствует).

2. Формирование шумового порога слышимости на частотах 3 и 4 кГц не зависит от длительности полетного времени; решающим фактором их повышения является уровень внутрикабинного шума и его экспозиция (не более 20—25 лет).

3. Слух у членов летных экипажей ухудшается в речевом диапазоне с увеличением полетного времени, которое становится значимым при значении около 15 000 ч налета и выше.

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в

разработке концепции, дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: a meta-analysis / G. Tomei, M. Fioravanti, D. Cerratti [et al.] // Sci. Total. Environ. — 2010. — Vol. 408. — P.681—689.
2. Chronic noise exposure and the cardiovascular system in aircraft pilots / F. Tomei, B. Papaleo, T.P. Baccolo [et al.] // Med. Lav. — 1996. — Vol. 87. — P.394—410.
3. Occupational exposure to noise and hypertension in pilots / F. Tomei, S. De Sio, E. Tomao [et al.] // Int. J. Environ. Health Res. — 2005. — Vol. 15. — P.99—106.
4. Влияние производственного шума на слух: систематический обзор зарубежной литературы / Н.Н. Мазитова, Е.Е. Аденинская, В.Б. Панкова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2017. — № 2. — С.48—54.
5. Lutman, M.E. Guidelines for quantification of noise-induced hearing loss in a medicolegal context / M.E. Lutman, R.R. Coles, J.T. Buffin // Clin. Otolaryngol. — 2016. — Vol. 41. — P.347—357.
6. Dobie, R.A. Change in audiometric configuration helps to determine whether a standard threshold shift is work-related / R.A. Dobie, P.M. Rabinowitz // Spectrum. — 2002. — Vol. 19, suppl. 1. — P.17.
7. Coles, R.R. Guidelines on the diagnosis of noise-induced hearing loss for medicolegal purposes / R.R. Coles, M.E. Lutman, J.T. Buffin // Clin. Otolaryngol. Allied. Sci. — 2000. — Vol. 25, № 4. — P.264—273.
8. A cross-sectional study of hearing thresholds among 4627 Norwegian train and track maintenance workers / A. Lie, M. Skogstad, T.S. Johnsen [et al.] // BMJ Open. — 2014. — Vol. 4. — P.e005529.

REFERENCES

1. Tomei G, Fioravanti M, Cerratti D et al. Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: a meta-analysis. Sci Total Environ. 2010; 408: 681-689.
2. Tomei F, Papaleo B, Baccolo TP et al. Chronic noise exposure and the cardiovascular system in aircraft pilots. Med Lav. 1996; 87: 394-410.
3. Tomei F, De Sio S, Tomao E et al. Occupational exposure to noise and hypertension in pilots. Int J Environ Health Res. 2005; 15: 99-106.
4. Mazitova NN, Agrinskaya EE, Pankova VB. Vliyanie proizvodstvennogo shuma na sluh: sistematicheskij obzor zarubezhnoj literatury [The impact of industrial noise on hearing: a systematic review of foreign literature]. Medicina truda i promyshlennaja jekologija. [Occupational Medicine and industrial ecology]. 2017; 2: 48-54.
5. Lutman ME, Coles RR, Buffin JT. Guidelines for quantification of noise-induced hearing loss in a medicolegal context. Clin Otolaryngol. 2016; 41: 347-357.
6. Dobie RA, Rabinowitz PM. Change in audiometric configuration helps to determine whether a standard threshold shift is work-related. Spectrum. 2002; 19 (1): 17.
7. Coles RR, Lutman ME, Buffin JT. Guidelines on the diagnosis of noise-induced hearing loss for medicolegal purposes. Clin Otolaryngol Allied Sci. 2000; 25 (4): 264-273.
8. Lie A, Skogstad M, Johnsen TS et al. A cross-sectional study of hearing thresholds among 4627 Norwegian train and track maintenance workers. BMJ Open. 2014; 4: e005529