

НАРУШЕНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ИННЕРВАЦИИ И РЕГУЛЯЦИИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ, ВЫЗВАННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВИБРОШУМОВОГО ФАКТОРА

Поступила 17.09.13.

Изучали изменения характеристик иннервации верхней конечности и особенности показателей регуляции сердечно-сосудистой системы у 53 рабочих-мужчин (клепальщиков и слесарей), длительное время подвергавшихся воздействию локальной вибрации и шума в ходе их профессиональной деятельности. Установлено, что средние по группе пороги вибрационной чувствительности пальца рабочей руки на различных частотах у таких обследованных существенно превышали ($P < 0.001$) как нормативные значения, так и соответствующие величины в группе контроля, причем негативные сдвиги нарастали с увеличением профессионального стажа. Средняя скорость проведения волны возбуждения по мышечным волокнам *n. medianus* и *n. ulnaris* рабочей руки в основной группе была снижена по сравнению с аналогичным показателем в группе контроля примерно на 9 % ($P < 0.05$), а проведение по сенсорным волокнам, иннервирующим соответствующие участки кисти, замедлено более чем на 20 % ($P < 0.05$). Резидуальная латентность при генерации М-ответов мышц кисти в основной группе была в среднем на 6 % больше, чем в группе контроля ($P < 0.05$). Средний латентный период вызванного кожного симпатического потенциала в условиях стимуляции пальца контролатеральной руки и отведения от ладонной и тыльной поверхностей кисти рабочей руки также достоверно ($P < 0.05$) превышал аналогичное значение контроля. Результаты пяти стандартных клинических кардиоваскулярных тестов (изменение систолического артериального давления в ортостатической пробе, изменение диастолического давления при создании изометрического усилия мышцами кисти, определение отношения длительности кардиоинтервалов 30/15 в ортостатической пробе и коэффициентов длительности этих интервалов в пробах Вальсальвы и с глубоким дыханием) показали, что патологические и пограничные значения данных индексов в указанных пробах в основной группе встречались у 60.3, 32.0, 26.0, 36.0 и 34.0 % обследованных; в контрольной группе аналогичные случаи были скорее исключением. Таким образом, длительное воздействие интенсивного виброшумового фактора, связанного с профессиональной деятельностью, приводит к формированию демиелинизирующей полиневропатии в нервах верхней конечности с вовлечением в патологический процесс терминалей моторных аксонов и симпатических постганглионарных волокон. Отклонения показателей кардиоваскулярных тестов свидетельствуют о нарушениях периферических и, возможно, центральных механизмов вегетативной регуляции функций сердечно-сосудистой системы у значительной части обследованных основной группы, что приводит к развитию синдрома прогрессирующей вегетативной недостаточности с превалированием недостаточности симпатических механизмов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вибрация, шум, вибрационная чувствительность, иннервация верхней конечности, полиневропатия, вегетативные дисфункции.

¹ Национальный медицинский университет им. А. А. Богомольца МЗ Украины, Киев (Украина).

² Государственная санитарно-эпидемиологическая служба Украины, Киев (Украина).

Эл. почта: owls@ukr.net (С. Г. Сова).

ВВЕДЕНИЕ

Большинство хронических заболеваний сопровождаются теми или иными вегетативными нарушениями. При этом часто патология вегетативной нервной системы (ВНС) становится ведущей в клинической картине заболевания и существенно влияет на течение последнего и прогноз [1, 2].

Длительное влияние вибрации и шума в ходе производственной деятельности приводит к развитию профессионального заболевания – вибрационной болезни, которая в настоящее время рассматривается как самостоятельная нозологическая единица [2–5]. К настоящему времени накоплены определенные сведения о вегетативных дисфункциях, обусловленных действием на организм человека упомянутых физических факторов [1–4]. В современной номенклатуре вибрационной болезни нашли отражение такие проявления вегетативной дисфункции, как периферический и церебральный ангиодистонические синдромы, синдром вегетосенсорной полиневропатии (ВСП) [3, 5, 6].

Сегментарные вегетативные нарушения рассматриваются, прежде всего, в рамках синдрома прогрессирующей вегетативной недостаточности (ПВН), развитие которой сопровождается многими системными заболеваниями [7–10]. Этот синдром усугубляет течение болезни и обуславливает возникновение тяжёлых осложнений, что затрудняет лечение и реабилитацию больных, создаёт сложности в решении вопросов врачебно-трудовой экспертизы [4]. Следует, однако, признать, что вопросы вегетативной патологии при действии на организм человека виброшумового фактора пока изучены в ограниченной степени.

Сведения об объективных показателях и механизмах нарушений в периферическом нервном аппарате, обусловленных воздействием виброшумового фактора, неполны (соответствующие инструментальные методики применялись ограниченно), а диагностические критерии для висцеральных форм ПВН в данных случаях разработаны недостаточно [5].

В связи с этим мы провели исследование состояния сенсорного аппарата, обеспечивающего восприятие вибрации, характеристик проведения по периферическим нервам верхней конечности и состояния механизмов, ответственных за регуляцию функций сердечно-сосудистой системы, у рабочих, подвергавшихся длительное время воздействию виброшумового фактора в ходе их профессиональной

деятельности. Полученные результаты сравнивали с соответствующими данными в группе контроля.

МЕТОДИКА

Мы обследовали группу из 53 мужчин – рабочих авиационных предприятий: сборщиков-клепальщиков (44 человека) и слесарей-сборщиков (девять человек). Основными вредными факторами производственной среды для них являлись локальная импульсная вибрация и производственный шум [11, 12]. Все обследованные были правшами, их средний возраст составлял 53.6 ± 1.1 года, а средний стаж работы в условиях интенсивных вибрации и шума – 18.6 ± 0.9 года. Среди них восемь лиц имели стаж работы менее 10 лет, 13 – 10–15 лет, 10 – 15–20 лет, девять – 20–25 лет, а у 13 рабочих стаж работы превышал 25 лет. Вибрационная болезнь в данной группе была клинически диагностирована у 22 (41.5 %), а профессиональная сенсоневральная тугоухость – у 37 (71.2 %) обследованных. Контрольную группу составили 37 мужчин (средний возраст 50.3 ± 1.1 года), которые в процессе трудовой деятельности не подвергались в сколько-нибудь существенной степени влияниям производственных вибрации и шума. В исследованные группы не были включены лица с подозрением на наличие иных причин поражения периферической и центральной нервной системы (эндокринных, аутоиммунных, метаболических, сосудистых, токсических).

Все участники основной и контрольной групп были подвергнуты общеклиническому обследованию. Использование методики паллестезиометрии позволило определить у них характеристики вибрационной чувствительности рецепторного аппарата кожи рабочей (правой) руки, а применение стимуляционной электронейромиографии (ЭНМГ) – параметры проведения по периферическим нервам этой конечности и ЭМГ-реакций мышц кисти, а также характеристики вегетативного кожного симпатического потенциала (ВКСП). Состояние механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы обследованных характеризовалось на основании результатов пяти стандартизированных клинических функциональных кардиоваскулярных тестов.

Паллестезиометрия основывается на определении порогов чувствительности (в децибелах) испытуемых при вибрационной стимуляции нарастающей интенсивности [11–13]. Данная методика

входит в обязательный список диагностических исследований лиц, которые поступают на работу, связанную с вибрацией, или уже работают в условиях воздействия последней [4]. В условиях наших тестов стимулировали подушечку третьего или четвертого пальца рабочей руки с использованием стандартизированного паллестезиометра ИВЧ-02 (ПАО «Львовский завод радиоэлектронной аппаратуры», Украина).

ЭНМГ-исследования проводили с применением комплекса Нейро-МВП-2 («Нейрософт», РФ) с использованием стандартных методик [14]. Обследуемый находился в положении лежа на спине с открытыми глазами; для снижения сопротивления электродов на кожу наносили электропроводный гель. Отведение М-ответов мышц кисти при чрезкожной стимуляции *n. medianus* и *n. ulnaris* позволяло определить характеристики проведения по двигательным волокнам этих нервов и сравнить параметры упомянутых ЭМГ-ответов у представителей обследованных групп. Стимулирующие электроды располагались в районах проекций данных нервов на уровне середины плечевого звена, в локтевой впадине и посередине предплечья. При раздражении *n. medianus* отводящий электрод устанавливали на середине промежутка между боковой поверхностью первого пястно-фалангового сустава и головкой лучевой кости, а при раздражении *n. ulnaris* – между боковой поверхностью пястно-фалангового сустава пятого пальца и гороховидной костью. Референтные электроды в этих случаях располагали на уровне межфалангового сустава первого пальца и средней фаланги пятого пальца соответственно. Для раздражения применяли стимулы супрамаксимальной интенсивности, когда постепенное увеличение их амплитуды обуславливало прекращение прироста амплитуды основного компонента М-ответа.

Для определения характеристик проведения по сенсорным волокнам упомянутых нервов использовали методику нейрографии при стимуляции периферических отделов таких волокон. В случае отведения волн возбуждения, передающихся по *n. medianus* и *n. ulnaris*, стимулирующие электроды накладывали на проксимальную и дистальную фаланги указательного пальца и аналогичные фаланги мизинца соответственно; отводящие электроды с межэлектродным расстоянием 20 мм фиксировали на внутренней поверхности предплечья в областях проекций данных нервов.

При исследовании ВКСП (по другой терминологии – симпатического кожного ответа – SSR, или автономного поверхностного потенциала – ASP) раздражающий электрод накладывали на указательный палец контралатеральной (левой) кисти, а индифферентный электрод большой площади – на кожу левой голени. Стимулы длительностью 0.2 мс предъявляли со случайно варьирующими интервалами (минимальная продолжительность 15 с). Отводящие электроды располагали на коже ладонной и тыльной поверхностей кисти рабочей (правой) руки [15, 16].

Два из использованных кардиоваскулярных тестов, как полагают, позволяют оценить функциональное состояние симпатического отдела системы регуляции кровяного давления, а три – состояние парасимпатических механизмов контроля сердечной деятельности [6–9]. В ходе «симпатических» тестов определяли (с использованием рутинной клинической методики) изменения систолического артериального давления (АД) на 3-й мин стандартной ортостатической пробы и разность диастолического АД во время и после развития изометрического усилия мышцами кисти (с использованием модифицированного кистевого динамометра).

К «парасимпатическим» показателям относились коэффициенты изменения кардиоинтервалов в ортостатической пробе, в пробе с задержкой дыхания (стандартной пробе Вальсальвы) и в пробе с глубоким дыханием. Для этого рассчитывали отношение длительностей 30-го и 15-го кардиоинтервалов (R-R) после вставания из положения лежа, отношение удлиненного R-R-интервала в первые 20 с после пробы Вальсальвы (поддержания давления 40 мм рт. ст. на выдохе в течение 15 с) к укороченному кардиоинтервалу во время пробы, а также отношение максимального и минимального R-R-интервалов во время пробы с глубоким дыханием с частотой 6 мин⁻¹. Значения кардиоинтервалов измеряли на основе регистрации ЭКГ по стандартной методике.

Статистическую обработку числового материала проводили с использованием программы “Microsoft Office Excel 2007”. Рассчитывали средние значения (*M*) и ошибки среднего (*m*). Поскольку распределения измеренных параметров можно было считать нормальными, достоверность различий между средними величинами парных выборок оценивали согласно *t*-критерию Стьюдента, полагая различия значимыми при *P* не более 0.05.

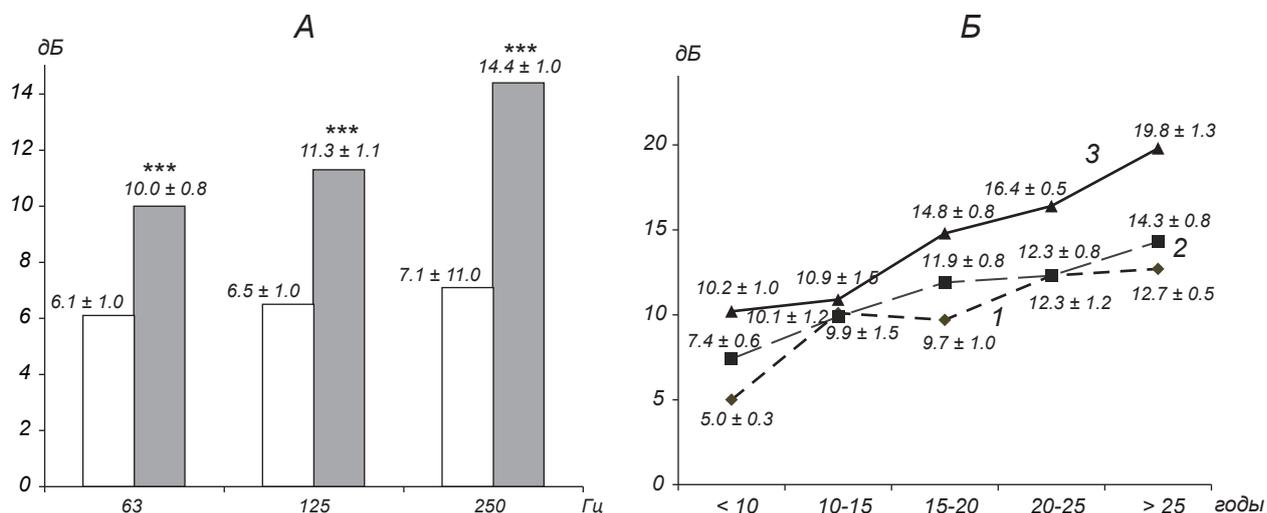
РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты паллестезиометрии показали, что вибрационная чувствительность пальцев рабочей руки у испытуемых основной группы существенно понижена по сравнению с таковой у обследованных контрольной группы, причем ухудшение этой чувствительности отчетливо коррелирует с увеличением профессионального стажа. Согласно измерениям порога вибрационной чувствительности подушечки третьего (четвертого) пальца рабочей руки при стандартных для такого исследования частотах стимуляции 63, 125 и 250 Гц, средние значения данного параметра, рассчитанные для всей основной группы в целом, значительно превышали нормативные величины и соответствующие значения в группе контроля. Если принять усредненные значения порога вибрационной чувствительности при упомянутых выше частотах в контрольной группе в каждом случае за 100 %, то соответствующие величины в основной группе в целом будут равняться 164, 174 и 203 % ($P < 0.001$ во всех случаях; рис. 1, А).

Когда производственный стаж работы в условиях вибрации и шума составлял менее 10 лет, вибрационная чувствительность, измеряемая на рабочей руке, в общем не демонстрировала суще-

ственных отличий от нормативных значений для всех тест-частот. Однако с увеличением профессионального стажа вибрационные пороги монотонно возрастали, причем характер зависимости этих показателей от стажа был близким к линейному (рис. 1, Б). У испытуемых с большим стажем работы в условиях вибрации и шума пороги вибрационной чувствительности примерно вдвое превышали предельные нормативные показатели для указанных выше трех тест-частот. При сравнении со средними показателями в группе контроля аналогичные значения у работников с наиболее длительным стажем работы (более 25 лет) составляли для частот 63, 125 и 250 Гц 208, 220 и 279 % (Б). Таким образом, результаты паллестезиометрии свидетельствуют о том, что у лиц, подвергавшихся длительному производственному воздействию вибрации и шума, происходит прогрессирующее ухудшение вибрационной чувствительности, причем этот процесс в большей степени влияет на чувствительность к наиболее высоким частотам.

Результаты ЭНМГ-исследования с отведением М-ответов мышц, иннервируемых *n. medianus* и *n. ulnaris*, показали, что у испытуемых основной группы, подвергавшихся длительному воздействию виброшумового фактора в ходе их профессиональной



Р и с. 1. Изменения вибрационной чувствительности у рабочих, подвергавшихся длительное время воздействию вибрации и шума. А – средние значения порогов вибрационной чувствительности (дБ) в контрольной и основной группах (светлые и темные столбики соответственно) при различных тест-частотах (Гц, указано внизу); *** различия между группами достоверны ($P < 0.001$). Б – зависимость средних порогов вибрационной чувствительности (дБ) от профессионального стажа (годы) при частотах 63, 125 и 250 Гц (1–3 соответственно).

Р и с. 1. Зміни вібраційної чутливості у робітників, які протягом тривалого часу піддавалися дії вібрації та шуму.

деятельности, ЭМГ-ответы, вызванные чрезкожной стимуляцией упомянутых нервов, в большинстве случаев возникали с большими латентными периодами, чем у лиц группы контроля. Скорость проведения волны возбуждения, вызываемой раздражением моторных волокон в составе *n. medianus*, вычислялась на основании измерений латентного периода М-ответов после стимуляции данного нерва на трёх разных уровнях (см. Методику). В основной группе среднее значение скорости проведения по этим волокнам составляло 49.6 ± 0.8 м/с, тогда как в группе контроля аналогичная величина равнялась 54.6 ± 0.8 м/с (рис. 2, А). Таким образом, длительное воздействие вибрации и шума обуславливало замедление проведения волны возбуждения по моторным волокнам указанного нерва в среднем на 9.2 % ($P < 0.01$). При стимуляции *n. ulnaris* и отведении М-ответов мышц пятого пальца результаты измерений были аналогичными.

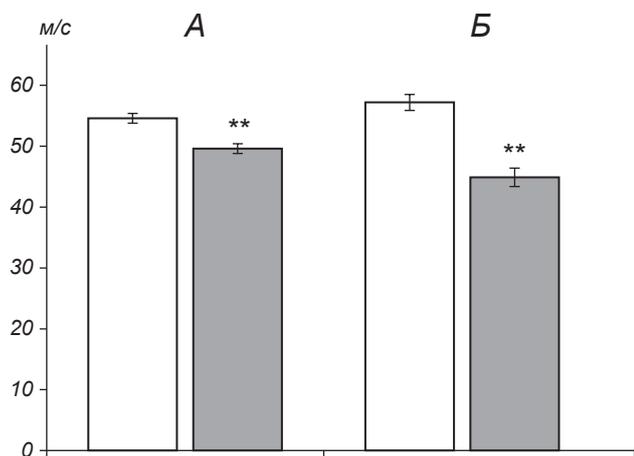
Сопоставимые данные были получены в ходе измерений скорости ортодромного проведения волн возбуждения по сенсорным волокнам *n. medianus* в условиях стимуляции областей разветвления этих волокон на кисти и отведения волны возбуждения от поверхности предплечья в области проекции этого нерва. В группе контроля среднее значение

данного параметра составляло 57.2 ± 1.3 м/с, а в группе рабочих, подвергшихся воздействию вибрации, — 44.9 ± 1.5 м/с, т. е. на 21.5 % ниже (рис. 2, Б).

Измерения амплитуды М-ответов, вызываемых супрамаксимальными раздражениями *n. medianus* и *n. ulnaris*, показали, что в основной группе эти величины обычно были несколько меньшими, чем в группе контроля, но различия средних значений не достигали уровня статистической значимости. Так, при стимуляции первого из упомянутых нервов амплитуда М-ответов, усреднённая в пределах основной группы, составляла 8.0 ± 0.7 мВ, а для группы контроля соответствующее значение равнялось 8.5 ± 0.9 мВ ($P > 0.05$) (рис. 3, А).

Среднее значение резидуальной латентности (т. е. суммы задержки М-ответа, обусловленной уменьшением скорости проведения по тонким разветвлениям моторных волокон в районе иннервации активируемых мышц и собственно синаптической задержки нервно-мышечной передачи) в основной группе незначительно превышало аналогичный показатель в группе контроля, но это различие (всего 6.0 %) оказалось статистически достоверным ($P < 0.05$) (рис. 3, Б).

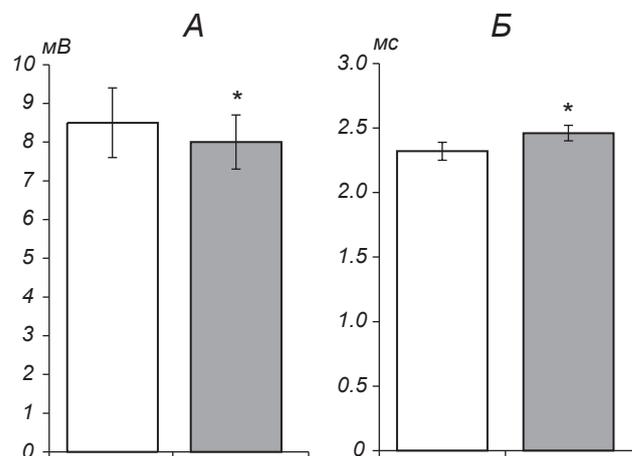
Существенные различия между основной и контрольной группами обследованных выявлялись и по



Р и с. 2. Средние значения скоростей проведения (м/с) по моторным (А) и сенсорным (Б) волокнам *n. medianus* в контрольной и основной группах (светлые и темные столбики соответственно).

** Различия между группами достоверны ($P < 0.01$).

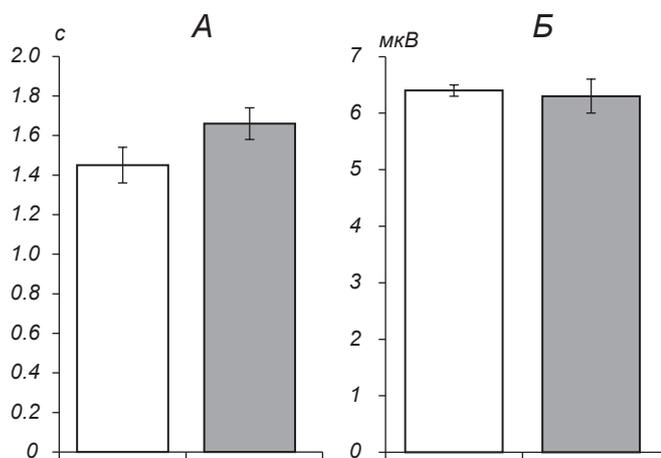
Р и с. 2. Середні значення швидкостей проведення (м/с) по моторних (А) та сенсорних (Б) волокнах *n. medianus* у контрольній і основній групах (світлі та темні стовпчики відповідно).



Р и с. 3. Средние значения характеристик М-ответов (А — амплитуда, мВ; Б — резидуальная латентность, мс) в контрольной и основной группах.

* Различия достоверны ($P < 0.05$). Остальные обозначения те же, что и на рис. 2.

Р и с. 3. Середні значення характеристик М-відповідей (А — амплітуда, мВ; Б — резидуальна латентність, мс) у контрольній та основній групах.



Р и с. 4. Средние значения характеристик вызванного кожного симпатического потенциала (*A* – латентного периода, мс; *B* – амплитуды, мкВ) в контрольной и основной группах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 3.

Р и с. 4. Середні значення характеристик викликаного шкірного симпатичного потенціалу (*A* – латентного періоду, мс; *B* – амплітуди, мкВ) у контрольній та основній групах.

такому показателю, как латентный период ВКСП. При отведении от ладонной и тыльной поверхностей рабочей кисти среднее значение задержки данного потенциала относительно момента стимуляции области, иннервируемой *n. medianus* контра-латеральной руки, равнялось 1.45 ± 0.09 мс, что соответствует диапазону нормальных величин такого показателя для верхних конечностей (1.3–1.65 мс). В группе же рабочих, подвергавшихся длительному воздействию виброшумового фактора, соответствующее значение составляло 1.66 ± 0.08 мс ($P < 0.05$), что незначительно, но всё же превышает верхний предел нормативных значений (рис. 4, *A*). Средняя же амплитуда ВКСП в двух исследованных группах не демонстрировала существенных различий (*B*).

Анализируя результаты клинических функциональных проб, следует отметить следующее. Наиболее существенными оказались изменения «симпатического» показателя – сдвига систолического АД в ортостатической пробе. Более чем у половины лиц основной группы (31 обследованного, 58.5 %) падение данного показателя при проведении указанной пробы составляло в среднем 15.1 ± 0.7 мм рт. ст., что соответствует пограничным значениям этого коэффициента. Кроме того, у одного представителя основной группы снижение систолического АД на 3-й мин ортопробы равнялось 28 мм рт. ст., что соответствует уже патологиче-

скому значению данного показателя. В контрольной же группе пограничные увеличенные значения снижения систолического АД были отмечены всего у трёх испытуемых (8.1 %), а патологических отклонений в условиях указанной пробы зарегистрировано не было. Значения показателя в целом, усреднённые в пределах группы, демонстрировали достоверное межгрупповое различие – они составляли в основной и контрольной группах соответственно 8.8 ± 1.2 и 6.3 ± 2.1 мм рт. ст. ($P < 0.05$).

При проведении пробы с изометрической нагрузкой мышц кисти у 12 (22.6 %) лиц основной группы диастолическое АД повышалось в среднем на 12.1 ± 0.5 мм рт. ст., что соответствует пограничным значениям этого показателя. У пяти (9.4 %) лиц обследованных данной группы значения указанного коэффициента оказались патологическими – диастолическое АД поднималось в среднем всего на 2.1 ± 1.5 мм рт. ст., тогда как нормальными величинами являются повышения не менее чем на 15–16 мм рт. ст. В группе контроля случаев отклонений коэффициента пробы с изометрической нагрузкой от нормы вообще не было обнаружено. Усреднённые значения показателей этой пробы в основной группе были достоверно ниже (20.0 ± 1.8 мм рт. ст. по сравнению с 28.9 ± 1.2 мм рт. ст. в группе контроля; $P < 0.05$).

У 14 (26 %) лиц основной группы были выявлены патологические значения коэффициента 30/15 в ортостатической пробе; среднее по группе значение данного показателя составляло 0.95 ± 0.01 при норме не менее 1.04. В контрольной группе лишь у трёх (8.1 %) лиц были зарегистрированы пограничные значения указанного коэффициента (в среднем 1.03 ± 0.01). В целом среднее значение коэффициента 30/15 в основной группе было достоверно ниже этого показателя в контрольной группе (1.13 ± 0.02 по сравнению с 1.24 ± 0.03 ; $P < 0.01$).

Патологические значения коэффициента в пробе Вальсальвы (менее 1.03) обнаруживались у пяти (9.6 %) лиц основной группы, а пограничные значения (в среднем 1.24 ± 0.02) – у 13 (25.0 %). В контрольной группе лиц с патологическими значениями коэффициента в пробе Вальсальвы вообще не оказалось, а пограничные значения данного показателя наблюдались всего у пяти (13.5 %) обследованных. При этом среднее значение коэффициента в пробе Вальсальвы в основной группе также было достоверно ниже соответствующих значений такого показателя в контрольной группе ($P < 0.01$).

У показателей, полученных в пробе с глубоким

дыханием, отмечалась аналогичная тенденция. Патологические значения коэффициента (в среднем 1.05 ± 0.02 при норме более 1.21) были зарегистрированы у трех (5.7 %) лиц основной группы, а пограничные (1.15 ± 0.01) – у 15 (28.3 %).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты паллестезиометрии в обследованных группах показали, что пороги вибрационной чувствительности пальцев рабочей руки у лиц, длительно подвергавшихся производственному влиянию виброшумового фактора, существенно повышены. Эти сдвиги проявлялись при всех тест-частотах (63–250 Гц) и значительно увеличивались с ростом профессионального стажа. Таким образом, патогенное влияние указанных факторов на рецепторные отделы соматосенсорного анализатора, воспринимающего вибрационные влияния, вполне очевидно. Согласно существующим представлениям, рецепторами, чувствительными к вибрации, являются тельца Меркеля и Фатера–Пачини, а также сухожильные веретена Гольджи–Мацони (мы здесь не обсуждаем чувствительность к вибрации мышечных веретен, поскольку она в нашей работе не тестировалась). Как полагают, в основе ухудшения чувствительности к вибрации при длительном профессиональном влиянии данного фактора лежит негативное воздействие интенсивных механических осцилляций низкочастотного звукового диапазона на мембраны сенсорных компартментов упомянутых рецепторов, прежде всего на их каналные структуры и сигнальные белки. Кроме того, не менее негативное влияние, видимо, оказывается на энергопродуцирующий аппарат рецепторных клеток (митохондриальные структуры), что приводит к постепенному истощению энергообразующей системы и подавлению трансмембранного энергозависимого обмена ионов. Подобные изменения могут обуславливать подавление синтеза макроэргов и развитие дефектности антиоксидантной системы; соответственно, вероятным представляется развитие тех или иных проявлений оксидативного стресса.

Воздействие вибрации приводит к инициации процесса демиелинизации волокон периферических нервов верхней конечности, причем такой процесс, видимо, наиболее интенсивен в дистальных участках этих волокон. Как показывают результаты ЭНМГ-исследований, патологические изменения

происходят и в немиелинизированных терминалях моторных аксонов, и в периферических разветвлениях сенсорных волокон, и в медленнопроводящих немиелинизированных постганглионарных симпатических аксонах в составе упомянутых нервов (см. ниже). Демиелинизация части быстропроводящих волокон в составе *n. medianus* и *n. ulnaris* и, возможно, даже гибель некоторых таких волокон являются очевидной причиной заметного снижения скорости проведения волн возбуждения по моторным и сенсорным компонентам указанных нервов. Заслуживает внимания тот факт, что падение скорости проведения по сенсорным волокнам более значительно, чем по моторным. В то же время, очевидно, следует признать, что патологические процессы в волокнах периферических нервов рабочей конечности, обусловленные действием вибрации, весьма значительны, но не катастрофичны. Рабочие основной группы, даже имеющие наибольший стаж контактов с вибрацией, сохраняли достаточную работоспособность и удовлетворительные характеристики манипуляционных движений, реализуемых правой (рабочей) рукой. Объективным коррелятом данной ситуации, видимо, являются несколько сниженные, но не выходящие за пределы нормы характеристики вызванных ЭМГ-ответов (М-потенциалов) мышц кисти и пальцев.

Влияния упомянутого относительно локального процесса, обусловленного преимущественно демиелинизацией волокон нервов рабочей верхней конечности, не ограничиваются только последней. Синдром дистальной полиневропатии, очевидно, служит иницирующим фактором для синдрома ПВН [5] у значительной части обследованных основной группы. Признаки этого синдрома достаточно четко выявлялись с помощью пяти использованных кардиоваскулярных вегетативных тестов.

Изменения систолического АД в ортостатической пробе носили пограничный или даже патологический характер (ортостатическая гипотензия превышала нормативные значения 10–20 мм рт. ст.) примерно у 60 % лиц основной группы. Аномально или погранично низкие значения повышения диастолического АД при реализации изометрического усилия мышцами кисти наблюдались примерно у трети обследованных этой группы. Таким образом, у существенной части рабочих «виброшумоопасных» профессий отмечалась выраженная недостаточность регуляции АД симпатическими вегетативными механизмами. В то же время в группе контроля патологических отклонений в указанных

пробах не наблюдалось, а пограничные значения результатов тестов встречались спорадически. Результаты ортостатической пробы 30/15, пробы Вальсальвы и пробы с глубоким дыханием, свидетельствующие о состоянии парасимпатической регуляции сердечной деятельности, показали, что у рабочих упомянутых «виброшумоопасных» профессий изменения в данной вегетативной регуляторной системе также встречаются относительно часто. Такие изменения, однако, обычно были выражены в целом в меньшей степени, чем симпатическая недостаточность, и встречались несколько реже (для трех упомянутых проб примерно у 26, 36 и 34 % обследованных соответственно). В группе контроля патологические показатели в упомянутых пробах не отмечались вообще, а пограничные значения встречались лишь у отдельных лиц. Усредненные по группам показатели во всех указанных пробах демонстрировали достоверные различия.

О достаточно существенных негативных сдвигах в системе вегетативной регуляции функций свидетельствовали и результаты регистрации ВКСП. В основе этого электрографического показателя лежит сложный полисинаптический вегетативный рефлекс, вызываемый раздражением соматосенсорных афферентных волокон. Эффекторами в данном случае являются эккриновые потовые железы, гладкая мускулатура кожных кровеносных сосудов и, возможно, клетки эпидермиса кожи [15, 16]. Афферентные и эфферентные пути дуг этого рефлекса в целом выяснены, однако центральные механизмы, обеспечивающие генерацию ВКСП, детально не идентифицированы. Предполагают, что в их число входят ряд ядер гипоталамуса, ретикулярная формация среднего мозга и, возможно, еще ряд церебральных структур. В аспекте нашей работы наиболее существенно то, что большая часть латентного периода ВКСП определяется временем проведения по тонким (скорость не более 1–2 м/с) немиелинизированным аксонам постганглионарных симпатических нейронов; сомы таких нейронов локализованы в паравентральных ганглиях симпатической цепочки. Заметное увеличение данного латентного периода интерпретируется прежде всего как признак нарушений именно в этой, эфферентной, части соответствующих рефлекторных механизмов [19]. Не очень значительное, но достоверное превышение среднего значения ВКСП в основной группе, очевидно, указывает на то, что невропатические изменения, вызванные действием вибрационного фактора, затрагивают не только относительно толстые

волокна периферических нервов верхней конечности, но и тонкие симпатические аксоны в составе упомянутых нервов, задействованные в регуляции функций гладких мышц сосудов кожи, потовых желез и подкожной клетчатки.

Таким образом, результаты нашей работы свидетельствуют о том, что воздействие виброшумового фактора на работников соответствующих профессий не только приводит к явным нарушениям функций рецепторного и проводникового компонентов соматосенсорного анализатора, но и резко повышает возможность развития синдрома прогрессирующей вегетативной недостаточности. Все это еще раз указывает на необходимость максимального использования соответствующих технических усовершенствований и организационных мероприятий, ограничивающих вредное воздействие виброшумового фактора в условиях соответствующих производств.

Соответственно положениям Комитета по биоэтике Национального медицинского университета им. А. А. Богомольца МЗ Украины, а также принципам, изложенным в Хельсинкской декларации 1975 г., все участники исследования были предварительно информированы о содержании и процедуре экспериментов и дали согласие на участие в них.

Авторы данной работы – И. А. Парпалей, С. Г. Сова и Т. Е. Сомова – подтверждают, что у них отсутствует конфликт интересов.

И. О. Парпалей¹, С. Г. Сова¹, Т. Е. Сомова²

ПОРУШЕННЯ ПЕРИФЕРИЧНОЇ ІННЕРВАЦІЇ ТА РЕГУЛЯЦІЇ ВЕГЕТАТИВНИХ ФУНКЦІЙ, ВИКЛИКАНІ ПРОФЕСІЙНОЮ ДІЄЮ ВІБРОШУМОВОГО ФАКТОРА

¹ Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця МОЗ України, Київ (Україна).

² Державна санітарно-епідеміологічна служба України, Київ (Україна).

Резюме

Вивчали зміни характеристик іннервації верхньої кінцівки та особливості показників регуляції серцево-судинної системи у 53 робітників-чоловіків (клепальників і слюсарів), які тривалий час зазнавали дії локальної вібрації та шуму в процесі їх професійної діяльності. Встановлено, що середній по групі поріг вібраційної чутливості пальця робочої руки у таких обстежених істотно перевищував ($P < 0.001$) як нормативні значення, так і відповідну величину в групі контролю, причому негативні зрушення наростали зі збіль-

шенням професійного стажу. Середня швидкість проведення хвилі збудження по м'язових волокнах *n. medianus* і *n. ulnaris* робочої руки в основній групі була зниженою порівняно з аналогічним показником у групі контролю приблизно на 9 % ($P < 0.05$), а проведення по сенсорних волокнах, які іннервують відповідні ділянки кисті, було сповільненим більш ніж на 20 % ($P < 0.05$). Резидуальна латентність при генерації М-відповідей м'язів кисті в основній групі була в середньому на 6 % більшою, ніж у групі контролю ($P < 0.05$). Середній латентний період викликаного шкірного симпатичного потенціалу в умовах стимуляції пальця контралатеральної руки та відведення від долонної і тильної поверхонь кисті робочої руки також вірогідно ($P < 0.05$) перевищував аналогічне значення контролю. Результати п'яти стандартних клінічних кардіоваскулярних тестів (зміна систолічного артеріального тиску в ортостатичній пробі, зміна діастолічного тиску при створенні ізометричного зусилля м'язами кисті, визначення відношення тривалостей кардіоінтервалів 30/15 в ортостатичній пробі та коефіцієнтів тривалості цих інтервалів у пробах Вальсальви і з глибоким диханням) показали, що патологічні і пограничні значення даних індексів у вказаних пробах в основній групі зустрічались у 60.3, 32.0, 26.0, 36.0 і 34.0 % обстежених; у контрольній групі аналогічні випадки були скоріше виключенням. Таким чином, тривала дія інтенсивного віброшумового фактора, пов'язаного з професійною діяльністю, призводить до формування демієлінізуючої поліневропатії в нервах верхньої кінцівки із залученням у патологічний процес терміналей моторних аксонів і симпатичних постгангліонарних волокон. Відхилення показників кардіоваскулярних тестів у значної частини обстежених основної групи свідчать про порушення в них периферичних і, можливо, центральних механізмів вегетативної регуляції функцій серцево-судинної системи, що призводить до розвитку синдрому прогресуючої вегетативної недостатності з превалюванням недостатності симпатичних механізмів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. І. Ф. Костюк, В. А. Капусняк, *Професійні хвороби*, Здоров'я, Донецьк (2003).
2. В. С. Ткачишин, "Вібраційна хвороба від впливу локальної вібрації", *Медицина трансп. України*, **17**, № 1, 102-105 (2006).
3. Е. Н. Яньшина, П. Н. Любченко, "Психоэмоциональные нарушения при вибрационной болезни", *Медицина труда и пром. экология*, № 2, 32-35 (2001).
4. В. М. Шевцова, *Професійний відбір та моніторинг стану адаптації організму працівників в умовах дії локальної вібрації та шуму* (Метод. рекомендації), МОЗ України: Укр. центр наук. мед. інформації та патент.-ліценз. роботи, Київ (2006).
5. В. С. Ткачишин, "Ураження вісцеральних органів, діагностика, лікування, профілактика та експертизи працездатності за вібраційної хвороби", *Медицина трансп. України*, **1**, № 4, 83-89 (2006).
6. M. S. Laskar and N. Harada, "Assessment of autonomic nervous activity in hand-arm vibration syndrome patients using time- and frequency-domain analyses of heart rate variation," *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, No. 72, 462-468 (1999).
7. А. М. Вейн, *Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение*, Мед. информ. агентство, Москва (1998).
8. А. Б. Данилов, В. Ю. Окнин, Р. К. Садеков и др., "Кардиоваскулярные пробы при некоторых формах патологии", *Журн. неврологии и психиатрии*, № 91, 22-24 (1991).
9. F. Cosentino, L. Rydén, P. Francia, and G. Mellbin, "Сахарный диабет и метаболический синдром.[about 1 p.], Available from: <http://medbe.ru/materials/zabolevaniya-serdtsa-i-sosudov/vegetativnaya-serdechnaya-neyropatiya-i-bezbolevaya-ishemiya-miokarda/>.
10. A. Juutilainen, S. Kortelainen, S. Lehto, et al., "Gender difference in the impact of type 2 diabetes on coronary heart disease risk," *Diabetes Care*, No. 27, 2898-2904 (2004).
11. А. П. Яворовский, Г. А. Шкурко, С. Г. Сова, "Гигиеническая оценка импульсной локальной вибрации и сопутствующих физических факторов производственной среды на рабочих местах сборщиков-кляпальщиков и слесарей-сборщиков авиационных предприятий (к проблеме гигиенического нормирования)", *Довкілля і здоров'я*, № 2, 25-33 (2014).
12. О. П. Яворовський, М. В. Вертеленко, Т. В. Шидловська, "Гігієнічна оцінка шуму на робочих місцях і характеристика початкових порушень в слуховому аналізаторі у працівників "шумових професій" авіаційного машинобудування", *Укр. журн. з пробл. медицини праці*, № 3, 63-70 (2008).
13. Э. И. Денисов, Н. Б. Метлина, *Методические указания по исследованию состояния вибрационной чувствительности с помощью прибора ИВЧ-02*, Медицина, Москва (1974).
14. С. Г. Николаев, *Практикум по клинической электромиографии*, Иванов. гос. мед. акад., Иваново (2003).
15. V. Elie and P. Guiheneuc, "Sympathetic skin response: normal results in different experimental conditions," *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **76**, No. 3, 258-267 (1990).
16. А. А. Михайленко, М. М. Одинак, Ю. С. Иванов и др., "Закономерности изменения вызванного кожного вегетативного потенциала при заболеваниях нервной системы", *Журн. невропатологии и психиатрии*, **97**, № 4, 58-61 (1997).
17. *Рекомендації Української асоціації кардіологів з профілактики та лікування артеріальної гіпертензії*, ННЦ Ін-т кардіології ім. М. Д. Стражеска, Київ (2008).
18. Ю. И. Зудбинов, *Азбука ЭКГ*, Феникс, Ростов н/Д (2003).
19. Е. А. Ващенко, А. И. Нягу, Б. А. Брус, Д. А. Василенко, «Состояние вегетативных рефлекторных механизмов у людей, подвергшихся радиационному воздействию вследствие Чернобыльской катастрофы», *Нейрофизиология/Neurophysiology*, **30**, № 1, 3-17 (1998).