

conference of young scientists «Contemporary approaches to sanitary epidemic well-being of population in Russia». — Moscow, 2015. — P. 271–276 (in Russian).

8. OCDE/GD(97)148. Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application. Series on Testing and Assessment No. 9. Available at: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ocde/gd\(97\)148&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ocde/gd(97)148&doclanguage=en).

Поступила 13.01.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михеева Елена Николаевна (E.N. Mischeeva),
науч. сотр. отд. гиг. труда ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора. E-mail: gigienatryda@mail.ru.
Чистова Жанна Анатольевна (Zh.A. Chistova),
вед. инж. отд. обеспечения качества ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора. E-mail: zhanna-chistova@yandex.ru.

УДК 613.6:331.44:616.7

И.В. Лапко, В.А. Кирьяков, Н.А. Павловская, Л.И. Антошина, О.А. Ошкoderов

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ НА РАЗВИТИЕ ИНСУЛИНОРЕЗИСТЕНТНОСТИ И САХАРНОГО ДИАБЕТА ВТОРОГО ТИПА

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им.Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 2, Мытищи, Московская обл., Россия, 141014

Установлено влияние производственной вибрации на развитие инсулинорезистентности и сахарного диабета 2-го типа (СД-2) у горнорабочих. При этом в организме рабочих выявлено повышение уровня инсулина в крови. Частота встречаемости больных, у которых повышен уровень инсулина, достигает при вибрационной болезни 70%. Наиболее интенсивно изменяются индексы CARO и HOMA-IR, которые позволяют выявить ранние скрытые нарушения инсулинорезистентности. Действие вибрации оказывает существенное влияние на развитие СД-2. Заболеваемость СД-2 у больных вибрационной болезнью в 5 раз выше, чем у населения Российской Федерации в целом.

Ключевые слова: *вибрация, вибрационная болезнь, инсулинорезистентность, сахарный диабет.*

I.V. Lapko, V.A. Kir'yakov, N.A. Pavlovskaya, L.I. Antoshina, O.A. Oshkoderov. **Influence of occupational vibration on development of resistance to insuline and of II type diabetes mellitus**

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor, 2, Semashko Str., Mytishchi, Moscow Region, Russia, 141014

The authors revealed influence of occupational vibration on development of resistance to insulin and of II type diabetes mellitus in miners. With that, increased serum insulin level was diagnosed in the workers. Occurrence of patients with increased insulin level reaches 70% in vibration disease. The most intensively changed indexes are CARO and HOMA-IR, that identify early latent changes in resistance to insulin. Vibration appeared to influence significantly on II type diabetes mellitus development. Prevalence of II type diabetes mellitus among vibration disease patients is 5 times higher than that in general population of Russian Federation.

Key words: *vibration, vibration disease, resistance to insulin, diabetes mellitus.*

В настоящее время отмечается существенный рост заболеваемости населения сахарным диабетом (СД). По данным Российского Государственного регистра в 2015 г. было зарегистрировано 4,3 млн больных СД, что в 2 раза превышает заболеваемость СД в 2000 году. В результате активного выявления СД-2 у населения РФ оказалось, что истинная распространенность СД-2 выше, чем зарегистрированная, почти в 2 раза, и составляет 5,4% [13]. Исследование NATION выявило высокую зависимость распространенности СД-2 от возраста, индекса массы тела, наличия артериальной

гипертонии, наследственной отягощенности [5]. На развитие сахарного диабета влияет и воздействие ряда производственных факторов. Так, появлялось нарушение углеводного обмена и рост инсулинорезистентности у рабочих при воздействии вибрации, шума, физических перегрузок [7–10]. Однако литературные данные о направленности изменений уровней глюкозы крови и инсулина при длительном воздействии вибрации в сочетании с другими факторами весьма противоречивы. Длительное воздействие вибрации вызывает ингибирование углеводного обмена. Снижение со-

держания инсулина в крови практически здоровых машинистов и их помощников возникает при комплексном воздействии таких производственных факторов как вибрация, шум и неблагоприятный микроклимат [3,4]. Кратковременное воздействие низкочастотной вибрации безопасно и оказывает стимулирующий эффект на гормоны [14]. Однако, в ряде работ отмечено, что комплексное воздействие низкочастотной вибрации и шума вызывает повышение содержания сахара крови по сравнению с исходным уровнем [2,4]. Такие противоречивые данные и постоянный рост численности населения в РФ, заболевшего сахарным диабетом, обуславливают необходимость выявления причин развития этого заболевания и разработки эффективных лечебных и профилактических мероприятий [5,13].

Целью работы явилось изучение особенностей влияния вибрации на развитие инсулинорезистентности и сахарного диабета у рабочих, контактирующих с повышенными уровнями физических факторов.

Материалы и методы. Проведено обследование 1483 горнорабочих шахты им. Губкина, «Комбинат КМАруда», карьеров ЛГОК и МГОК, рабочих дробильно-обогажительных фабрик, рабочих ОАО «Метровагонмаш».

Эквивалентные уровни вибрации на рабочих местах рабочих ведущих профессий превышали ПДУ на 1–8 дБ (класс 3.1–3.3).

Концентрацию глюкозы крови определяли глюкозооксидазным методом. Для определения иммунореактивного инсулина (ИРИ) применяли иммуноферментный анализ. Рассчитывали индекс Саго (отношение концентрации глюкозы крови к уровню иммунореактивного инсулина) и индекс НОМА-IR (Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance — произведение концентрации глюкозы крови и иммунореактивного инсулина, деленное на 22,5 [6]. Обработка данных проводилась с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel, Word) в среде Windows XP.

Результаты и обсуждение. Для изучения действия вибрации были избраны рабочие с начальными признаками вибрационной болезни (ВБ), больные 1- и 1–2-й стадиями ВБ, и ВБ–2. В качестве контроля выбраны лица того же возраста и пола, не контактирующие с вредными факторами. Из полученных данных следует, что уровни

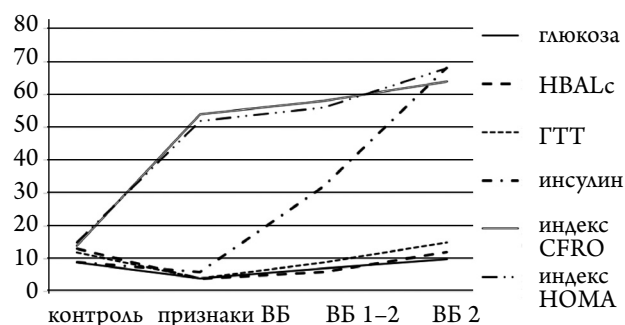


Рис. 1. Изменение уровней углеводного обмена и инсулинорезистентности от выраженности воздействия вибрации (%)

глюкозы крови, гликолизированного гемоглобина, глюкозотолерантного теста изменяются незначительно, даже у больных ВБ–2. На ранних стадиях развития вибрационной патологии средние уровни глюкозы, гликолизированного гемоглобина и глюкозотолерантного теста достоверно не отличаются от контроля и находятся в пределах референтных значений. Однако при заболевании ВБ–1 и ВБ 1–2 достоверно по сравнению с контролем ($4,9 \pm 0,07$ ммоль/л) повышается уровень глюкозы ($5,8 \pm 0,12$ ммоль/л) и отмечается недостоверное повышение глюкозы при проведении глюкозотолерантного теста. Уровень гликолизированного гемоглобина при заболевании ВБ–1 и ВБ 1–2 немного повышается по сравнению с контролем. Однако при всех стадиях заболевания значения данного показателя находятся в пределах физиологической нормы (до $7,8$ ммоль/л). Значительно интенсивнее изменяется уровень инсулина, который начинает повышаться уже в доклинической стадии ($16,8 \pm 5,6$ мкМЕ/мл). По мере возрастания тяжести вибрационной болезни уровень инсулина в крови при ВБ–2 составляет $31,8 \pm 5,2$ мкМЕ/мл, что достоверно выше, чем в контрольной группе ($11,04 \pm 5,8$ мкМЕ/мл) и превышает верхнюю границу физиологической нормы (25 мкМЕ/мл).

При прогрессировании вибрационной патологии гораздо быстрее изменяются индексы инсулинорезистентности Саго и НОМА-IR. Так, индекс Саго уже на начальной стадии не только достоверно отличается от контроля, но и выходит за границы физиологической нормы (более $0,33$ ед.). Индекс НОМА-IR также выходит за пределы референтных значений (менее $2,7$ ед.) в доклинической стадии заболевания ВБ. Изменения индексов отражают ранние, еще скрытые нарушения инсулинорезистентности, обусловленные воздействием вибрации. Скрытые нарушения инсулинорезистентности в организме рабочих, подвергающихся начальному воздействию вибрации возрастают по мере повышения тяжести заболевания.

Однако нарушения углеводного обмена и инсулинорезистентности происходят в организме не у всех рабочих, подвергающихся воздействию вибрации или больных вибрационной болезнью. Частота встречаемости работников, у которых показатели углеводного обмена выходят за границы физиологической нормы, представлена на рис. 1.

У лиц с признаками воздействия вибрации частота встречаемости (ЧВ) лиц с повышенными уровнями

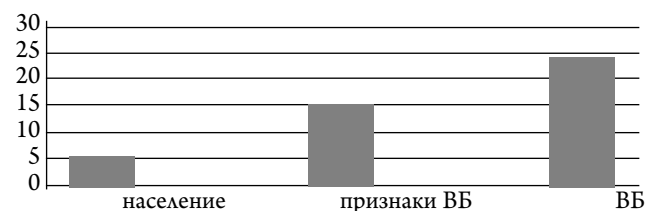


Рис. 2. Распространенность сахарного диабета СД–2 у населения РФ в 2015 г. и больных вибрационной патологией (ВБ) [9,13] (%)

глюкозы, HbA_{1c}, глюкозотолерантного теста и инсулина невысока и существенно не превышает значений, полученных в контрольной группе. Однако ЧВ рабочих, у которых повышается уровень инсулина и индексов инсулинорезистентности, резко увеличивается и достигает 50% при заболеваниях ВБ-1 и ВБ1-2. Наиболее высокие значения отмечаются при заболевании ВБ-2.

Повышение инсулинорезистентности при воздействии вибрационного фактора может способствовать развитию сахарного диабета 2 типа. При обследовании рабочих, контактирующих с вибрацией и больных ВБ, установлена повышенная заболеваемость СД-2. (рис. 2)

Частота возникновения сахарного диабета-2 у рабочих с признаками ВБ в 3 раза, а у больных ВБ — в 5 раз выше, чем у населения РФ (рис. 2).

Таким образом, возможно, это связано с усилением оксидантного стресса и секрецией провоспалительных цитокинов, отрицательно влияющих на состояние вегетативно-гуморальной системы, что приводит к дисфункции гипоталамо-гипофизарной системы с последующим формированием инсулинорезистентности. При этом инсулинорезистентность развивается намного раньше, чем удается выявить нарушенную толерантность к глюкозе. Одним из ведущих признаков развития инсулинорезистентности считается увеличение содержания свободных жирных кислот, а также повышение концентрации инсулина и С-пептида [11].

Установлено, что при воздействии вибрации в сочетании с повышенным уровнем шума, физическим напряжением и охлаждающим микроклиматом происходит возрастание концентрации инсулина и инсулинорезистентных индексов с формированием стойкой инсулинорезистентности при невысоких изменениях уровней глюкозы [8,10]. Гиперинсулинемия как компенсаторная реакция при инсулинорезистентности повышает активность симпатической нервной системы, дополнительно усиливая стресс-реакцию, оказывая неблагоприятное влияние на течение и прогноз сердечно-сосудистых заболеваний и СД-2 [2,12].

Приведенные клинико-биохимические данные подтверждают предположение о том, что воздействие повышенных уровней вибрации, особенно в сочетании с шумом, физическими нагрузками и неблагоприятным микроклиматом, оказывают влияние на развитие сахарного диабета 2 типа. Можно также предположить, что длительное воздействие комплекса физических факторов на организм рабочих, нарушение углеводного обмена и инсулинорезистентности обуславливает повреждающее действие вибрации, в виде прогрессирующего снижения функций бета-клеток поджелудочной железы [1]. Поэтому появляется веское основание считать, что рост заболеваемости сахарным диабетом 2-го типа у населения в определенной степени объясняется воздействием транспортной вибрации, которая появляется и присутствует практически у каждого человека на протяжении всей жизни.

Выводы. 1. При действии вибрации в крови рабочих начинает существенно увеличиваться уровень инсулина. Частота встречаемости больных ВБ-2, у которых повышен уровень инсулина, достигает 70%. Еще более интенсивно изменяются индексы CARO и HOMA-IR, которые позволяют выявить ранние скрытые нарушения углеводного обмена и инсулинорезистентности. 2. Воздействие производственной вибрации оказывает существенное влияние на развитие СД-2. Частота выявляемости СД-2 у больных ВБ в 5 раз выше, чем в общей популяции населения России. 3. Можно предположить, что влияние транспортной вибрации является одной из причин ускоренного развития СД-2 у населения РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 14)

1. Акмаев И.Г. Нейроиммуноэндокринные аспекты патогенеза сахарного диабета. // Сахарный диабет. — 2005. — № 3. — С. 1–5.
2. Берсенева ОА. Метаболические нарушения в рамках сердечно-сосудистого континуума у работников алюминиевых производств. (2015) www.congress.niimt.ru/i/prez-2015/KMS-O.A. Berseneva. pdf.
3. Бичкаев Я.И., Петрова Т.Б., Благова О.С. Динамика содержания кортизола, инсулина и параметров углеводного обмена у рабочих подвижного состава железнодорожного транспорта. // Экология. — 2009. — № 7. — С. 51–54.
4. Гоголева О.И., Малютина Н.Н. Механизмы нарушения гомеостаза, индуцированного стресс-вибрационным повреждением (обзор литературы). // Мед. труда и пром. экология. — 2000. — № 4. — С. 20–25.
5. Дедов И.И., Шестакова М.В., Галстян Г.Р. Распространенность сахарного диабета 2 типа (СД2) у взрослого населения России (исследование NATION). // Сахарный диабет. — 2016. — №2. — С. 16–17.
6. Касаткина Э.Е., Шилин Д.Е., Соколовская В.Н., Одуд Е.А. // Росс. вестник перинатологии и педиатрии. — 1996. — № 41(3). — С. 15–21.
7. Кирьяков В.А., Лапко И.В. Влияние производственных факторов на формирование инсулинорезистентности у горнорабочих. // Сан. врач. — 2014. — № 2. — С. 14–17.
8. Кирьяков В.А., Сухова А.В., Крылова И.А., Новикова А.В. Гормонально-метаболические нарушения у рабочих машиностроения. // Мед. труда и пром. экология. — 2011. № 7. — С. 27–29.
9. Лапко И.В. Состояние нейрогуморальной регуляции при вибрационной патологии. // Здравоохран. РФ. — 2013. — № 5. — С. 41–43.
10. Лапко И.В., Кирьяков В.А., Антошина Л.И., Павловская Н.А., Кондратович С.В. Влияние вибрации, шума, физических нагрузок, неблагоприятного микроклимата на показатели углеводного обмена у рабочих горнодобывающих предприятий и машиностроения. // Мед. труда и пром. экология. — 2014. — № 7. — С. 18–22.
11. Макаров И.А., Страхова Л.А., Блинова Т.В., Сапожникова М.А. Значение свободных жирных кислот в формировании инсулинорезистентности у больных с профессиональной

легочной патологией. // Здравоохранение РФ. — 2011. — № 4. — С. 67–68.

12. Митковская Н.П., Радкевич Ж.И. Хронический стресс и инсулинорезистентность. // Мед. журнал. — 2009. — № 2. — С. 3–7.

13. Шестакова М.В., Дедов И.И. Сахарный диабет в Российской Федерации: аргументы и факты. // Терапевт. архив. — 2016. — № 10. — С. 4–8.

REFERENCES

1. Akmaev I.G. Neuro-immune-endocrine aspects of diabetes mellitus pathogenesis // Sakharnyy diabet. — 2005. — 3. — P. 1–5 (in Russian).

2. Berseneva O.A. Metabolic disorders in cardiovascular continuum among workers of aluminium production, 2015 www.congress.niimt.ru/i/prez-2015/KMS-O.A. Berseneva.pdf. (in Russian).

3. Bichkaev Ya.I., Petrova T.B., Blagova O.S. Changes in cortisol, insulin and carbohydrates metabolism parameters among rolling stock workers of railway transport // Ekologiya. — 2009. — 7. — P. 51–54 (in Russian).

4. Gogoleva O.I., Malyutina N.N. Mechanisms of hemostasis disorders due to stress vibration injury (review of literature) // Industr. Med. — 2000. — 4. — P. 20–25 (in Russian).

5. Dedov I.I., Shestakova M.V., Galstyan G.R. Prevalence of II type diabetes mellitus in adult population of Russia (research of Nation) // Sakharnyy diabet. — 2016. — 2. — P. 16–17 (in Russian).

6. Kasatkina E.E., Shilin D.E., Sokolovskaya V.N., Odud E.A. Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii, 1996; 41 (3): 15–21 (in Russian)

7. Kir'yakov V.A., Lapko I.V. Influence of occupational factors on formation of resistance to insulin in miners // San. Vrach. — 2014. — 2. — P. 14–17 (in Russian).

8. Kir'yakov V.A., Sukhova A.V., Krylova I.A., Novikova A.V. Hormonal and metabolic disorders in machinery building industry workers // Industr. Med. — 2011. — 7. — P. 27–29 (in Russian).

9. Lapko I.V. Neurohumoral regulation state in vibration disease // Zdravookhranenie RF. — 2013. — 5. — P. 41–43 (in Russian).

10. Lapko I.V., Kir'yakov V.A., Antoshina L.I., Pavlovskaya N.A., Kondratovich S.V. Influence of noise, vibration, physical

exertion, unfavorable microclimate on carbohydrates metabolism parameters in workers of mining enterprises and machinery building // Industr. Med. — 2014. — 7. — P. 18–22 (in Russian).

11. Makarov I.A., Strakhova L.A., Blinova T.V., Sapozhnikova M.A. Value of free fatty acids in formation of resistance to insulin in patients with occupational pulmonary diseases // Zdravookhranenie RF. — 2011. — 4. — P. 67–68 (in Russian).

12. Mit'kovskaya N.P., Radkevich Zh.I. Chronic stress and resistance to insulin // Med. Zhurnal. — 2009. — 2. — P. 3–7 (in Russian).

13. Shestakova M.V., Dedov I.I. Diabetes mellitus in Russian Federation: arguments and facts // Terapevticheskiy arkhiv. — 2016. — 10. — P. 4–8 (in Russian).

14. Seco J., Rodriguez-Perez K., Lopez-Rodriguez A. Effects of vibration Therapy on Hormonresponse in Severity Disabled Patients. Relab. Nurs. — 2013. — Aug. 6. — dot 10–1002.

Поступила 13.01.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лапко Инна Владимировна (Lapko I.V.),

вед. научн. сотр., неврологич. отд. Ин-та общей и проф. патологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук. E-mail: erisman-neurol@yandex.ru.

Кирьяков Вячеслав Афанасьевич (Kir'yakov V.A.),

зав. неврологич. отд. Ин-та общей и проф. патологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук, проф. E-mail: erisman-neurol@yandex.ru.

Павловская Надежда Александровна (Pavlovskaya N.A.),

конс. неврологич. отд. Ин-та общей и проф. патологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук, проф. E-mail: erisman-neurol@yandex.ru.

Антошина Лариса Ивановна (Antoshina L.I.),

зав. отд. лаб. диагностики Ин-та общей и проф. патологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук. E-mail: erisman-neurol@yandex.ru.

Ошкoderов Олег Анатольевич (Oshkoderov O.A.),

вр.-невролог неврологич. отд. Ин-та общей и проф. патологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, E-mail: erisman-neurol@yandex.ru.