

Leszek Solecki

DOLEGLIWOŚCI BÓLOWE W DOLNEJ CZĘŚCI KRĘGOSŁUPA U ROLNIKÓW INDYWIDUALNYCH NARAŻONYCH NA DZIAŁANIE WIBRACJI OGÓLNEJ

COMPLAINTS OF LOW BACK PAIN AMONG PRIVATE FARMERS
EXPOSED TO WHOLE BODY VIBRATIONInstytut Medycyny Wsi im. W. Chodźki / Institute of Rural Health, Lublin, Poland
Zakład Fizycznych Szkodliwości Zawodowych / Department of Physical Occupational Hazards

STRESZCZENIE

Wstęp: Zarówno schorzenia, jak i urazy odcinka lędźwiowego kręgosłupa są w Europie znaczącym i wciąż rosnącym problemem. Jednym z istotnych czynników szkodliwych, sugerowanych jako przyczyna powstawania bólów pleców, jest wibracja ogólna. **Materiał i metody:** Badaniom została poddana wytypowana grupa mężczyzn – 98 rolników w wieku $55,3 \pm 10,1$ roku z terenu 7 gmin w województwie lubelskim, zajmujących się mieszaną produkcją rolniczą (roślinno-zwierzęcą). Grupę porównawczą stanowili pracownicy umysłowi – 40 osób w wieku $48,9 \pm 9,6$ roku. Podstawowym narzędziem badawczym była ankieta dotycząca dolegliwości bólowych występujących w dolnej części kręgosłupa (odcinek lędźwiowy). Stopień narażenia rolników na wibrację ogólną oceniano w oparciu o zastosowany parametr zwany skumulowaną stażową dawką drgań [$\text{lata} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$]. **Wyniki:** Przeprowadzone pomiary wykazały, że skumulowana stażowa dawka drgań (d) dla wybranej grupy badanych rolników (98 osób) mieści się w zakresie 2,90–9,68 ($\text{lata} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$) w przedziale lat pracy w narażeniu na wibrację: 15–50 lat. Badania ankietowe wykazały, że rolnicy indywidualni ekspozowani na wibrację ogólną znacznie częściej skarżą się na bóle pleców (92 osoby, 94% ogółu badanych rolników) niż pracownicy z grupy porównawczej (25 osób, 63%) ($p < 0,0001$). Również częstość bólów pleców we wszystkich trzech przedziałach lat pracy (15–25 lat, 26–35 lat, 36–50 lat) jest statystycznie istotnie wyższa w grupie rolników niż w grupie porównawczej ($p < 0,05$). **Wnioski:** Wraz ze wzrostem wchłanianej dawki drgań ogólnych wzrasta częstość odczuwanych bólów pleców u rolników w okresie całego życia zawodowego ($p = 0,005$). W przypadku występowania bólów przewlekłych obserwowano trend wzrostowy (nieistotny statystycznie). Med. Pr. 2014;65(1):55–64

Słowa kluczowe: dolegliwości bólowe, kręgosłup, rolnicy indywidualni, wibracja ogólna, skumulowana stażowa dawka drgań

ABSTRACT

Background: Work-related lower back disorders, which involve the lumbo-sacral region, as well as injuries of the lumbar section of the spine, are a serious and constantly growing problem in Europe. Whole body vibration is one of the major hazardous factors suspected of the development of back pain. **Material and Methods:** The study covered a selected group of males, 98 farmers (aged 55.3 ± 10.1) from the area of 7 communes in the Lublin Region, engaged in the mixed agricultural production (plant-animal). The control group consisted of 40 academic workers (university and research institute employees) aged 48.9 ± 9.6 years. A questionnaire concerning low back pain (in the lumbar region) designed by the researchers of the Institute of Rural Health in Lublin was used as a major research tool. The degree of farmers' exposure to whole body vibration was evaluated based on the parameter known as a cumulative vibration dose (d) ($\text{years} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$). **Results:** The measurements showed that the cumulative vibration dose for the selected group of farmers (98) remained within the range of 2.90–9.68 ($\text{years} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$), in the time interval between 15–50 years of work in conditions of exposure to vibration. The survey confirmed that private farmers exposed to whole body vibration considerably more frequently complained of back pain (92 farmers, 94% of the total number of respondents), than academic workers (control group not exposed to whole body vibration (25 researchers, 63%); $p < 0.0001$). Also the frequency of back pain in all the three time intervals of employment (15–25, 26–35, 36–50 years) is significantly higher in the group of farmers than in the control group ($p < 0.05$). **Conclusions:** The frequency of back pains experienced by farmers during the entire period of occupational activity increases with a growing dose of whole body vibration ($p = 0.005$). In the incidence of chronic pain an upward tendency was observed (statistically insignificant). Med Pr 2014;65(1):55–64

Key words: pain complaints, lower back, private farmers, whole body vibration, cumulative vibration dose

Autor do korespondencji / Corresponding author: Leszek Solecki, Zakład Fizycznych Szkodliwości Zawodowych, Instytut Medycyny Wsi im. W. Chodźki, ul. Jaczewskiego 2, 20-090 Lublin, e-mail: solecki20@wp.pl
Nadesłano: 3 kwietnia 2013, zatwierdzono: 2 stycznia 2014

WSTĘP

Mimo że czasami rolnictwo utożsamiane jest z zawodem sprawiającym przyjemność, wykonywanym w warunkach naturalnych i nieskażonych przemysłem, zaliczane jest ono do gałęzi produkcji o dużej uciążliwości z udziałem wielu szkodliwych czynników środowiskowych. Należą do nich m.in. ręczne przenoszenie ciężarów, niebędące jedyną przyczyną bólu pleców, ale także inne czynniki ryzyka wpływające na ich rozwój, takie jak stres, praca w niskiej czy nadmiernie wysokiej temperaturze, drgania mechaniczne, duże tempo pracy i ograniczone możliwości wyboru metod pracy (1). Są to czynniki charakterystyczne dla pracy wykonywanej w rolnictwie, rozpoznane w małym stopniu.

Związane z pracą schorzenia odcinka lędźwiowego kręgosłupa, obejmujące zarówno bóle okolicy lędźwiowo-krzyżowej, jak i urazy odcinka lędźwiowego kręgosłupa są w Europie znaczącym i wciąż rosnącym problemem (2). Chociaż schorzenia odcinka lędźwiowego kręgosłupa są powszechne we wszystkich gałęziach przemysłu i zawodach, to z wielu badań wynika, że są one szczególnie rozpowszechnione w niektórych sektorach przemysłu i zawodach. Znacząco wysokie wskaźniki ich występowania stwierdza się w takich grupach zawodowych, jak robotnicy rolni, robotnicy budowlani, cieśle, kierowcy (w tym kierowcy ciężarówek i traktorzyści), pielęgniarki, sprzątaczk.

Z opublikowanych artykułów dotyczących badań czynników ryzyka schorzeń odcinka lędźwiowego kręgosłupa wśród rolników (3–7) oraz prac przeglądowych (8–10) wynika, że do najbardziej istotnych czynników zagrożeń fizycznych zalicza się ciężką pracę fizyczną, dźwiganie ciężarów i manipulowanie nimi, pozycje niewygodne (skręty, wyginanie ciała, pozycja statyczna) oraz wibracje całego ciała. Nie ma nadal publikacji dotyczącej oceny częstości występowania bólów pleców u polskich rolników indywidualnych w odniesieniu do wielkości wchłanianych dawek drgań, które występują na siedziskach pojazdów rolnych.

Celem niniejszej pracy, zrealizowanej w latach 2011–2012 w Instytucie Medycyny Wsi im. W. Chodźki w Lublinie (11), było określenie współzależności między częstością bólu pleców w dolnej części kręgosłupa (odcinek lędźwiowy) a ekspozycją na drgania ogólne wśród rolników indywidualnych, pracujących we własnych gospodarstwach rodzinnych.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto wytypowaną grupę mężczyzn – 98 rolników z terenu 7 gmin w województwie lubelskim, zajmujących się mieszaną produkcją rolniczą (roślinno-zwierzęcą), użytkujących ziemię orną o powierzchni średnio $22,6 \pm 15$ ha (zakres: 10–85 ha), narażonych na działanie drgań mechanicznych o ekspozycji ogólnej (na całe ciało). Badani rolnicy byli w wieku $55,3 \pm 10,1$ roku (zakres: 30–73 lat), a staż ich pracy w narażeniu na wibrację wynosił $32,6 \pm 10,4$ roku (zakres: 15–50 lat).

Rolnicy typowani do badań musieli spełniać następujące warunki:

- jedyną pracą wykonywaną przez nich od początku kariery zawodowej jest praca we własnym gospodarstwie rolnym (gospodarstwo rodzinne, praca na tzw. własny rachunek);
- prowadzone przez nich gospodarstwo rolne:
 - jest wyposażone w podstawowe i niezbędne środki techniczne (ciągniki, maszyny samojezdne, maszyny rolnicze itp.) potrzebne do produkcji rolnej;
 - zajmuje się produkcją mieszaną (roślinno-zwierzęcą);
 - produkuje surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego na sprzedaż (w badaniu nie były uwzględniane tzw. gospodarstwa socjalne, czyli produkujące wyroby tylko na własny użytek);
 - ma areał powyżej 10 ha ziemi ornej i znane jest na terenie gminy z wysokiej operatywności gospodarza, który inwestuje w nowoczesny rozwój gospodarstwa.

Grupę porównawczą stanowili pracownicy umysłowi (z uczelni wyższej i instytutu badawczego), niepodlegający działaniu drgań mechanicznych – 40 osób w wieku $48,9 \pm 9,6$ roku (przedział: 32–66) o stażu pracy: $24,2 \pm 11,1$ roku (przedział: 10–43).

Podstawowym narzędziem badawczym – opracowanym przez zespół badawczy Instytutu Medycyny Wsi im. W. Chodźki w Lublinie i wykorzystanym w trakcie realizacji tematu naukowego – była ankieta (oparta częściowo na standaryzowanym kwestionariuszu nordyckim) (12). Pytania odnosiły się do występowania (lub nie) u rolników i w grupie porównawczej dolegliwości bólowych w obszarze dolnej części kręgosłupa (odcinek lędźwiowy), zależnie od stażu pracy. Następne pytania odnosiły się tylko do grupy rolników (narażonych na wibrację ogólną) i dotyczyły: okresu trwania dolegliwości bólowych, rodzaju zgłaszanych

bólów (ból trwały, w krótkich epizodach, ostry, przewlekły, promieniujący do jednej lub obu nóg) oraz całkowitego czasu trwania dolegliwości (w okresie całego życia zawodowego), w podziale na określone przedziały lat pracy w narażeniu na wibracje.

Stopień narażenia rolników na wibracje ogólne oceniano w oparciu o zastosowany parametr zwany skumulowaną stażową dawką drgań, obliczoną wg wzoru:

$$d = \sum a_{sr,r}^2 \times t_i \quad [1]$$

gdzie:

d – skumulowana dawka drgań [$\text{lata} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$],

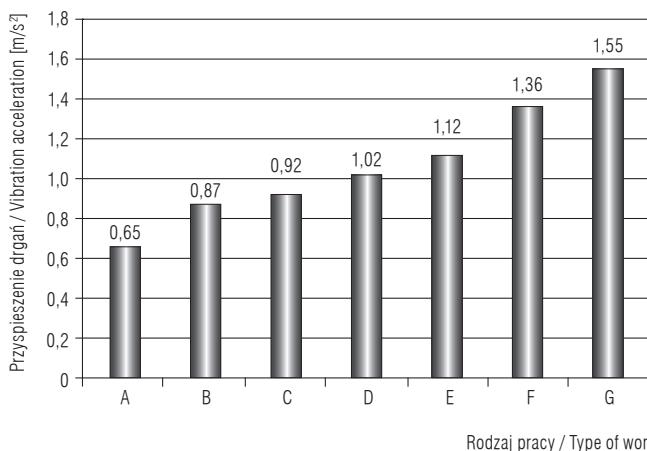
$a_{sr,r}$ – średnie dzienne przyspieszenie drgań dla całego roku [m/s^2],

t_i – czas pracy w narażeniu na wibrację ogólną [w latach].

Na podstawie wcześniejszych dokładnych chronometraży prac rolnych – wykonywanych przez rolników w ich własnym gospodarstwie w okresie całorocznym (pomiaru te realizowali rolnicy, pod nadzorem i kontrolą zespołu badawczego Instytutu) – w trakcie których występowały ekspozycje na drgania, oraz pomiarów przyspieszeń drgań określono średnią równoważną wartość dziennego przyspieszenia drgań (13). Pomiaru drgań (a także zapisy chronometrażowe) realizowano podczas wykonywania przez rolników podstawowych prac polowych i transportowych w okresie całego roku kalendarzowego.

Przebiegi drgań mechanicznych były rejestrowane w pamięci przyrządu pomiarowego (aparatu cyfrowy), jednocześnie w trzech kierunkach drgań, z ciągłym uśrednianiem sygnałów. Uśredniony przez aparat wynik pomiaru, przeprowadzony w ustalonym czasie rejestracji drgań, był przyjmowany przez nas jako wartość stała przyspieszenia odpowiadająca jednostce czasowej ekspozycji na drgania (w tym przypadku była to 1 godz.). Wybrane wyniki pomiarów przyspieszeń drgań, dla różnych prac przedstawiono na rycinie 1. (13).

Ponieważ o stopniu szkodliwości drgań decyduje nie tylko wskaźnik poziomu drgań (przyspieszenie), ale także jednocześnie czas ekspozycji na drgania, do oceny stopnia zagrożenia rolników indywidualnych drganiami mechanicznymi, o działaniu na całe ciało, wykorzystano parametr wibracyjny, zwany dawką drgań (jest to dawka zasadnicza). (Zgodnie z wytycznymi zawartymi w PN-EN 14253 + A1:2011 (14)). Dawka ta jest zdefiniowana następującym wzorem:



A – telerzowanie / disc harrowing.

B – rozsiewanie nawozów / spreading of fertilizers.

C – koszenie trawy / grass mowing.

D – transport (droga polna) / transport (field road).

E – bronowanie / harrowing.

F – przetrząsanie siana / hay tedding.

G – transport (droga asfaltowa) / transport (asphalt road).

Ryc. 1. Najwyższe równoważne wartości przyspieszeń drgań (ważonych częstotliwościowo) zarejestrowane na siedziakach pojazdów rolnych w zależności od rodzaju pracy
Fig. 1. The highest equivalent values of vibration acceleration (frequency weighted) registered on seats of agricultural vehicles by type of work performed

$$d_z = \sum_{i=1}^n a_{w,i}^2 \times t_i \quad [2]$$

gdzie:

d_z – zasadnicza dawka drgań,

n – liczba przedziałów czasowych,

$a_{w,i}$ – skorygowana częstotliwościowo wartość dominująca przyspieszenia drgań, z uwzględnieniem właściwych współczynników kierunkowych ($1,4 a_{w,x}$, $1,4 a_{w,y}$, $a_{w,z}$) w przedziale czasowym i [m/s^2],

t_i – czas działania drgań w przedziale czasowym i [godz.],

i – przedział czasowy.

Na podstawie uzyskanych ww. metodą wartości przyspieszeń drgań dla różnych wykonywanych prac rolnych i transportowych w znormalizowanej jednostce czasu (1 godz.) oraz otrzymanych szczegółowych zapisów chronometrażowych obliczano dawki drgań (d_z) – dla każdego dnia roboczego w ciągu całego roku. W dalszej kolejności wyliczono następujące wartości: średnią sumaryczną miesięczną (d_m) dawkę drgań (wartość uśredniona z danych uzyskanych dla 25 badanych rolników) oraz średnią równoważną dzienną dawkę drgań (d_d) (odnoszącą się do ustawowych dni roboczych w miesiącu). Średnia równoważna dzienna

dawka drgań (dla danego miesiąca) to wartość otrzymana ze stosunku całkowitej miesięcznej dawki drgań do liczby ustawowo ustalonych dni roboczych w danym miesiącu.

Żeby uzyskane wartości równoważnej dziennej dawki drgań odnieść do najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN – określonych przez Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy (15)), dane te przeliczono na wartości przyspieszeń drgań – ważonych częstotliwościowo i równoważnych energetycznie względem 8-godzinnego dnia pracy.

Zależnie od miesiąca najwyższe wartości średnich dziennych przyspieszeń drgań występowały w miesiącach wiosennych i letnio-jesiennych (0,49–0,60 m/s²). Z kolei wartość przeciętna tego parametru dla całego roku osiągnęła poziom 0,44±0,30 m/s² (dotyczy to produkcji mieszanej). Uzyskana końcowa wartość średnia przyspieszenia drgań (0,44 m/s²) obejmuje swoim zasięgiem bardzo zróżnicowane prace rolno-transportowe, wykonywane w różnych warunkach meteorologicznych i glebowych, z różną prędkością roboczą, przy bardzo zmiennym czasie ekspozycji dziennej (w skali całego roku) i indywidualnie zróżnicowanej technice obsługi agregatów rolniczych przez operatorów. Wartość ta zdaniem autora niniejszej publikacji jest najbardziej zbliżona do wartości średniej, która odnosi się do całego roku. Można nawet określić, że jest to wartość odpowiadająca rzeczywistej średniej statystycznej.

Tę stałą równoważną wartość średniego dziennego przyspieszenia drgań, dotyczącą całego roku, wykorzystano w niniejszej pracy do określenia skumulowanej stażowej dawki drgań dla każdego badanego rolnika. Ponieważ o wysokości obliczanej skumulowanej dawki drgań decyduje głównie staż pracy, to wartości tych dawek określono jako dane szacunkowe.

Częstość występowania bólów pleców oraz rodzaj tych dolegliwości w wytypowanej grupie rolników indywidualnych przeanalizowano pod kątem ich powiązania z wartościami skumulowanej stażowej dawki drgań, która odnosi się do 3 wybranych przedziałów lat pracy w narażeniu na wibrację: 15–25 lat, 26–35 lat i 36–50 lat.

Do oceny istotności różnic między częstością zgłaszania bólu przez rolników a częstością zgłaszania go przez osoby z grupy porównawczej zastosowano test nieparametryczny Chi². Za wartość istotną statystycznie przyjęto p < 0,05. Z kolei w przypadku wielokrotnych porównań między parami częstości bólów zgłaszanych przez samych rolników (dotyczy porównań

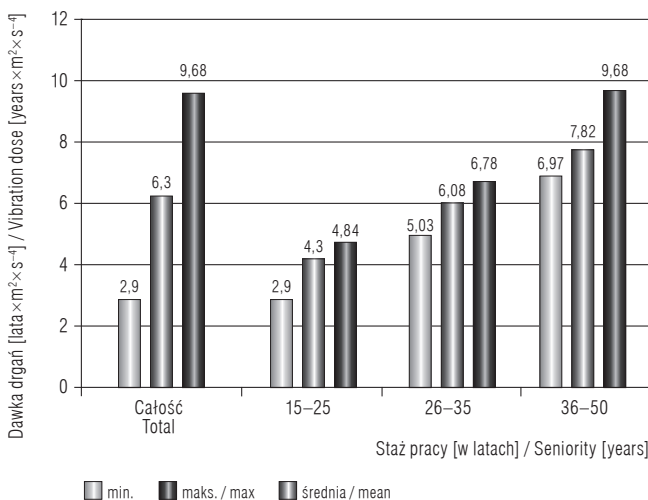
parami częstości różnych bólów odnoszących się do poszczególnych przedziałów dawek drgań) przyjęto wartość p podzieloną przez liczbę możliwych porównań – 3 (p = 0,017).

WYNIKI

Dawki drgań wchłaniane przez rolników narażonych na wibracje ogólne w zależności od stażu pracy

Obliczona skumulowana stażowa dawka drgań dla całej grupy badanych rolników (98 osób) osiągnęła wartości zawierające się w zakresie 2,90–9,68 (lata×m²×s⁻⁴) (wartość średnia: 6,30) – rycina 2. Dla rolników o stażu pracy z narażeniem na wibrację wynoszącym:

- 15–25 lat (17 osób) – dawka ta przyjmuje wartości 2,90–4,84 (lata×m²×s⁻⁴) (średnia: 4,30);
- 26–35 lat (51 osób) – skumulowane dawki stażowe zawierają się w zakresie 5,03–6,78 (lata×m²×s⁻⁴) (średnia: 6,08);
- 36–50 lat (30 osób) – skumulowane dawki wynoszą 6,97–9,68 (lata×m²×s⁻⁴) (średnia: 7,82).



Ryc. 2. Skumulowane dawki drgań w zależności od stażu pracy badanych rolników

Fig. 2. Cumulative vibration doses by farmers' time intervals (years) of employment

Częstość zgłaszanych dolegliwości bólowych w zależności od stażu pracy

Przeprowadzone badania ankietowe wykazały, że z 98 badanych rolników indywidualnych aż 92 osoby (94%) skarżą się na bóle w dolnej części kręgosłupa (tab. 1). Z kolei w grupie porównawczej tylko 25 (63% ogółu badanych) osób (pracownicy umysłowi z dolegli-

Tabela 1. Częstość dolegliwości bólowych u badanych rolników (narażonych na wibrację) i osób z grupy porównawczej (nienarażonych na wibrację) w zależności od stażu pracy
Table 1. Frequency of pain complaints reported by farmers (exposed to vibration) and control group (not exposed to vibration), by years of employment

| Staż pracy [w latach] Seniority [years] | Dolegliwości bólowe Pain complaints | | | |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------|------------------------------------------------|----|
| | rolnicy farmers (N = 98) | | grupa porównawcza control group (N = 40) | |
| | n | % | n | % |
| 15–25 | 16 | 94** | 13 | 59 |
| 26–35 | 46 | 90** | 5 | 50 |
| 36–50 | 30 | 100** | 7 | 88 |
| Ogółem / Total | 92 | 94* | 25 | 63 |

* $p < 0,0001$ – istotność różnic w częstościach bólów między rolnikami a grupą kontrolną dla całości / significance of differences in frequency of pain between farmers and the control group for total groups.

** $p < 0,05$ – istotność różnic w częstościach bólów między rolnikami a grupą kontrolną w poszczególnych przedziałach lat pracy / significance of differences in frequencies of pain between farmers and the control group in individual time intervals (years) of employment.

wościami bólowymi) uskarżało się na bóle w tej części kręgosłupa. Różnice w częstości bólu pleców między tymi grupami są w wysokim stopniu istotne statystycznie ($p < 0,0001$).

Z analizy częstości występowania dolegliwości bólowych zależnie od przedziału lat pracy w narażeniu na wibrację wynika (tab. 1), że w przypadku rolników indywidualnych częstość ta utrzymuje się na wysokim poziomie, osiągając wartości od 90% (przedział: 26–35 lat) do 100% (przedział: 36–50 lat). Przy tym obserwuje się nieznaczny wzrost częstości bólów przy wzrastającej liczbie lat pracy między drugim (26–35 lat) a trzecim (36–50 lat) przedziałem.

W grupie porównawczej częstość występowania bólu jest znacznie niższa – szczególnie dotyczy to pierwszego i drugiego przedziału lat stażu (50–59%). Dopiero w przedziale trzecim (36–50 lat) częstość ta osiąga 88%. Częstość bólu pleców zgłaszana przez rolników jest statystycznie istotnie wyższa niż w grupie porównawczej ($p < 0,05$) i dotyczy to wszystkich trzech przedziałów lat pracy.

Częstość zgłaszanych dolegliwości bólowych w zależności od skumulowanej stażowej dawki drgań
 Analiza częstości dolegliwości bólowych w aspekcie okresu ich występowania (całe życie zawodowe lub przez ostatnie 12 miesięcy) dla poszczególnych prze-

działów dawek drgań wykazała, że z ogółu rolników indywidualnych 63 osoby (64%) zgłaszały dolegliwości bólowe występujące najczęściej przez całe życie zawodowe, a jedynie 30% osób przez ostatnie 12 miesięcy (tab. 2) ($p = 0,0001$).

Powiększanie się skumulowanej stażowej dawki drgań prowadziło do wzrostu częstości występowania dolegliwości przez cały okres życia zawodowego (od 35% w pierwszym przedziale do 77% w trzecim przedziale). Istotny wzrost częstości bólów zanotowano między pierwszym a trzecim przedziałem dawek stażowych ($p = 0,005$). Z kolei w przypadku krótkiego okresu występowania bólów (ostatnie 12 miesięcy) zaobserwowano obniżanie się ich częstości wraz ze wzrostem dawki stażowej (od 59% w pierwszym przedziale do 23% w trzecim przedziale). Istotne różnice wystąpiły między pierwszym a trzecim przedziałem ($p = 0,015$).

Tabela 2. Przewlekłość dolegliwości bólowych u badanych rolników w zależności od dawki drgań
Table 2. Chronicity of pain complaints among farmers by vibration dose

| Dawki drgań [lata \times m ² \times s ⁻⁴] Vibration dose [years \times m ² \times s ⁻⁴] | Ból przez całe życie zawodowe Pain complaints during entire life | | Ból przez ostatnie 12 miesięcy Pain complaints in the last 12 months | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| | n | % | n | % |
| 2,90–4,84 | 6 | 35 | 10 | 59 |
| 5,03–6,08 | 34 | 67 | 12 | 24 |
| 6,97–9,68 | 23 | 77** | 7 | 23*** |
| Ogółem / Total | 63 | 64* | 29 | 30 |

* $p < 0,0001$ – istotność różnic w częstościach bólów między występowaniem dolegliwości podczas całego życia a ostatnimi 12 miesiącami, dla całości / significance of differences in frequencies of pain between the occurrence of symptoms during the entire life and the last 12 months for the total.

** $p = 0,005$ – istotność różnic w częstościach bólów między pierwszym a trzecim przedziałem dawek drgań w przypadku całego życia zawodowego / significance of differences in frequencies of pain between first and third dose range of vibration for the entire occupational life.

*** $p = 0,015$ – istotność różnic w częstościach bólów między pierwszym a trzecim przedziałem dawek drgań w przypadku ostatnich 12 miesięcy / significance of differences in frequencies of pain between first and third dose range of vibrations for the last 12 months.

Biorąc pod uwagę czas trwania bólu (ból trwały lub występujący w krótkich epizodach), należy zauważyć, że wśród ogółu rolników występuje zdecydowanie częściej tzw. ból trwały (z 98 rolników zgłaszało go 76 osób, co stanowi 78% osób badanych) (tab. 3). Z kolei ból występujący w krótkich epizodach odnotowano tylko u 13 rolników (13%), co stanowi różnicę bardzo wysoko istotną

statystycznie ($p = 0,0001$). Wraz ze zwiększaniem się dawki stażowej stopniowo zwiększała się częstość bólu trwałego (od 71% w pierwszym przedziale do 87% w trzecim – różnice nieistotne statystycznie). Jednocześnie nieznacznie obniżał się ból działający w krótkich epizodach (z 24% do 10% – różnice nieistotne statystycznie).

W przypadku bólu promieniującego do kończyn dolnych (tab. 4) zdecydowanie częściej występowały bóle promieniujące do 1 nogi (dotyczyło to 60% rolników), przy niskiej częstości bólów promieniujących do obu nóg (11%) ($p < 0,0001$). Z kolei rosnąca dawka drgań przyczyniała się do obniżania częstości bólów promieniujących do 1 nogi (z 77% do 55%; różnice nieistotne statystycznie), przy nieznacznym podwyższeniu się częstości bólu promieniującego do obu nóg (z 6% do 13%; różnice też nieistotne).

Tabela 3. Trwałość dolegliwości bólowych u badanych rolników w zależności od dawki drgań

Table 3. Constancy of pain complaints in farmers by vibration dose

| Dawki drgań [lata \times m ² \times s ⁻⁴] Vibration dose [years \times m ² \times s ⁻⁴] | Ból trwały Permanent pain | | Krótkie epizody Short pain episodes | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----|----------------------------------------|----|
| | n | % | n | % |
| 2,90–4,84 | 71 | 71 | 4 | 24 |
| 5,03–6,08 | 38 | 75 | 6 | 12 |
| 6,97–9,68 | 26 | 87 | 3 | 10 |
| Ogółem / Total | 76 | 78* | 13 | 13 |

* $p = 0,0001$ – istotność różnic między częstością bólów trwałych a bólami w krótkich epizodach / significance of differences between the frequency of permanent pain and short episodes of pain.

Tabela 4. Częstość bólów promieniujących do nóg u badanych rolników w zależności od dawki drgań

Table 4. Frequency of pain radiating down the leg reported by farmers by vibration dose

| Dawki drgań [lata \times m ² \times s ⁻⁴] Vibration dose [years \times m ² \times s ⁻⁴] | Ból promieniujący – 1 noga Radiating pain – 1 leg | | Ból promieniujący – 2 nogi Radiating pain – 2 legs | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------|----|
| | n | % | n | % |
| 2,90–4,84 | 13 | 77 | 1 | 6 |
| 5,03–6,08 | 28 | 55 | 6 | 12 |
| 6,97–9,68 | 18 | 60 | 4 | 13 |
| Ogółem / Total | 59 | 60* | 11 | 11 |

* $p < 0,0001$ – istotność różnic między częstością bólów promieniujących do 1 nogi a bólami promieniującymi do 2 nóg / significance of differences between the frequency of pain radiating down 1 leg and the pain radiating down 2 legs.

Analizując rodzaje występującego bólu (ostry i przewlekły), należy zauważyć (tab. 5), że u badanych rolników ból ostry ma miejsce u 63 osób (64%), a przewlekły u 36 osób (37%) ($p = 0,001$). Wraz ze wzrostem dawki drgań obserwowano wahania częstości bólu ostrego, natomiast zwiększała się częstość bólu przewlekłego (z 29% w pierwszym i drugim przedziale stażu do 53% w trzecim – różnice nieistotne statystycznie).

Rozpatrując częstość bólu pleców w zależności od całkowitego czasu trwania dolegliwości (w okresie całego przebiegu pracy zawodowej), należy zauważyć (tab. 6), że w grupie badanych rolników indywidualnych najczęściej zgłaszane bóle (39,8%) dotyczą całkowitego czasu trwania dolegliwości, który obejmuje 11–20 lat. Bóle te występują z niższą częstością w najdłuższym zakresie czasu trwania dolegliwości, tj. powyżej 20 lat (25,5% – różnica nieistotna statystycznie). Najrzadziej natomiast zdarzają się bóle pleców w pierwszych

Tabela 5. Rodzaj dolegliwości bólowych u badanych rolników w zależności od dawki drgań

Table 5. Type of pain complaints reported by farmers by vibration dose

| Dawki drgań [lata \times m ² \times s ⁻⁴] Vibration dose [years \times m ² \times s ⁻⁴] | Ból ostry Acute pain | | Ból przewlekły Chronic pain | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----|--------------------------------|----|
| | n | % | n | % |
| 2,90–4,84 | 13 | 77 | 5 | 29 |
| 5,03–6,08 | 28 | 55 | 15 | 29 |
| 6,97–9,68 | 22 | 73 | 16 | 53 |
| Ogółem / Total | 63 | 64* | 36 | 37 |

* $p = 0,001$ – istotność różnic między częstością bólów ostrych a bólami przewlekłymi / significance of differences between the frequency of acute pain and chronic pain.

Tabela 6. Częstość dolegliwości bólowych u badanych rolników w poszczególnych grupach trwania bólu vs dawki drgań

Table 6. Frequency of pain complaints reported by farmers by vibration dose

| Dawki drgań [lata \times m ² \times s ⁻⁴] Vibration dose [years \times m ² \times s ⁻⁴] | Dolegliwości bólowe Pain complaints [%] | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | ≤ 1 roku / year | 2–5 lat / years | 6–10 lat / years | 11–20 lat / years | > 20 lat / years |
| 2,90–4,84 | 0 | 35,3 | 17,6 | 35,3 | 5,9 |
| 5,03–6,08 | 3,9 | 7,8 | 13,7 | 39,2 | 25,5 |
| 6,97–9,68 | 3,3 | 6,7 | 10,0 | 43,3 | 36,7 |
| Ogółem / Total | 3,1 | 12,2 | 13,3 | 39,8 | 25,5 |

trzech krótszych okresach odczuwania dolegliwości, tj. od 3,1% (do roku) do 12,2% (2–5 lat) i do 13,3% (6–10 lat).

Obserwuje się trend wzrostowy częstości bólów wraz ze wzrostem dawek drgań (nieistotny statystycznie) w przypadku dwóch ostatnich zakresów całkowitego czasu trwania bólów (35,3–43,3% dla 11–20 lat trwania dolegliwości i 5,9–36,7% powyżej 20 lat).

OMÓWIENIE

Określona w pracy skumulowana stażowa dawka drgań (d) dla wybranej grupy badanych rolników (98 osób) mieściła się w zakresie 2,90–9,68 ($\text{lata} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$) w przypadku stażu pracy wynoszącego 15–50 lat. W większości publikacji nie jest podawana wartość całkowitej dawki stażowej. Jedynie Bovenzi (16) oszacował w swojej pracy całkowitą stażową dawkę drgań (dla 1155 kierowców ciągników), która wynosiła 5–40 ($\text{lata} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$). Z kolei Palmer i wsp. (5) szacunkowo ocenili wartość wibracji, na jaką narażeni są badani rolnicy, na podstawie tzw. średniej czwartopotęgowej skumulowanej dawki życiowej, wynoszącej 0,1–15 $\text{m} \times \text{s}^{-1,75}$. Pozostali badacze (17–23) szacowali najczęściej wartość wibracji w oparciu o sumę wektorową przyspieszenia drgań (obliczaną jako średnią z pomiarów drgań wykonanych w trzech kierunkach współrzędnych), która zawierała się w zakresie (zależnie od autora) 0,15–1,45 m/s^2 .

W niniejszej pracy przyjęto do obliczeń skumulowanych dawek drgań stałą wartość wyliczonego średniego dziennego przyspieszenia drgań wynoszącego 0,44 m/s^2 (dla pionowego kierunku drgań – Z, jako dominującego). Trudno odnieść określone w pracy skumulowane dawki drgań, a także dzienne przyspieszenia drgań do wartości przedstawianych przez innych autorów, ponieważ dane te badacze określali szacunkowo.

Zaprezentowane wyniki badań ankietowych wyraźnie wskazują, że w obszarze dolnej części kręgosłupa dolegliwości bólowe znacznie częściej występują w grupie badanej (rolnicy) niż w grupie porównawczej – 92 (94%) rolników vs 25 (63%) pracowników umysłowych. Różnice te są wysoko istotne statystycznie ($p < 0,0001$). Dotyczy to także częstości zgłaszanych dolegliwości bólowych w określonych przedziałach lat pracy w ekspozycji na wibrację – 16–46 rolników (90–100%) vs 5–13 osób z grupy porównawczej (50–88%) ($p < 0,05$).

Wyniki badań przeprowadzonych przez innych naukowców również potwierdzają, że bóle pleców w dolnej części kręgosłupa (low back pain – LBP) częściej występują u traktorzystów narażonych na wibrację niż

u pracowników nieekspozowanych na działanie drgań ogólnych (whole body vibration – WBV).

Przeprowadzona przez Boshuizena i wsp. (17) analiza zależności między przebiegiem zawodowej ekspozycji na wibracje w pojazdach (głównie w ciągnikach rolniczych) a bólami pleców wykazała, że zgłaszane bóle pleców były w przybliżeniu o 10% częstsze u kierowców ciągników niż u pracowników nienarażonych na wibracje. Te dolegliwości zostały spowodowane przez ból pleców o dużej intensywności, trwający co najmniej 7 dni. Autorzy stwierdzili również, że częstość występowania bólu wzrastała wraz z dawką wibracji i czasem narażenia.

Z kolei Pope i Hansson (24) udowodnili, że istnieją pozytywne zależności między zaburzeniami występującymi w kręgosłupie (LBP i zwyrodnienia) a narażeniem na wibracje całego ciała (WBV). Takie relacje są szczególnie obecne u kierowców ciągników, maszyn do robót ziemnych i pojazdów ciężarowych.

Również Bovenzi i Betta (19) potwierdzili występowanie częstszego bólu pleców u traktorzystów (1155 kierowców ciągników) niż w grupie porównawczej.

Dokonany przez Bovenziego i Hulshofa (8) przegląd badań epidemiologicznych opublikowanych w latach 1986–1997 wykazał, że ryzyko na LBP w grupach zawodowych ekspozowanych na wibrację ogólną (WBV) intensywnie wzrasta w odniesieniu do grup porównawczych. Takie tendencje wzrostu występowania LBP wraz ze wzrostem dawki stażowej wibracji obserwowano w badaniach kierowców autobusów, traktorzystów, operatorów wózków widłowych i ładowarek kołowych.

Uzyskane wyniki badań przeprowadzonych przez Kumara i wsp. (25) w grupie kierowców ciągników dowiodły, że bóle pleców związane z regularnymi pracami rolnymi były bardziej powszechne u kierowców ciągników rolniczych (40%) niż u rolników niebędących kierowcami ciągników (18%) ($p = 0,015$).

Z kolei celem badań podjętych przez Tiemessena i wsp. (22) była analiza zależności dawka–odpowiedź między narażeniem na wibracje całego ciała (WBV) a bólami pleców (LBP) w grupie kierowców. Stwierdzono znaczący trend dla LBP (jako wzrost wskaźnika ilarazu szans wraz z rozwojem LBP i ze zwiększaniem się ekspozycji na WBV) zależnie od dziennego czasu prowadzenia pojazdu ($p < 0,03$), skumulowanej wartości całkowitego czasu ekspozycji ($p < 0,01$) oraz całkowitej dawki drgań ($p < 0,05$).

Następne badania Bovenziego (23) sugerują natomiast, że istnieje zwiększone ryzyko rozwoju wysokiej intensywności bólu i niepełnosprawności wraz z upływem czasu narażenia oraz wzrostu skumulowa-

nej dawki drgań, obliczonej dla długotrwałego czasu ekspozycji. Autor uważa, że pomiary czasu trwania ekspozycji codziennie lub w okresie całego stażu pracy są również dobrym wskaźnikiem ryzyka zagrożenia LBP w tym czasie.

Analiza wyników badań dolegliwości bólowych (LBP) przeprowadzona w niniejszej pracy wykazała, że wzrost częstości zgłaszanych dolegliwości wraz ze wzrostem dawki drgań dotyczy szczególnie odczuwania bólu pleców w okresie całego życia zawodowego ($p = 0,005$). Częstość ta obniża się natomiast w przypadku krótkiego okresu występowania bólów (ostatnie 12 miesięcy, $p < 0,015$).

Z kolei częstość występowania bólu trwałego zwiększa się wraz ze wzrostem dawki drgań, natomiast częstość bólu występującego w krótkich epizodach ulega częściowemu obniżeniu (różnice nieistotne statystycznie). Wzrost dawki drgań przyczynił się do obniżania częstości bólu promieniującego do 1 nogi i nieznacznie do zwiększania częstości bólu promieniującego do obu nóg (różnice nieistotne). Analizując rodzaje występującego bólu (ostry vs przewlekły), można stwierdzić, że wraz ze wzrostem dawki stażowej tylko ból przewlekły wykazuje trend wzrostowy ($p = 0,03$; różnice nieistotne statystycznie).

Należy zauważyć, że wyniki wykazały, że najwięcej badanych rolników indywidualnych (39,8%) odczuwało ból, który trwał 11–20 lat. Wraz ze wzrostem dawki drgań obserwowano stopniowe zwiększanie się częstości bólu dla dwóch ostatnich przedziałów całkowitego czasu trwania dolegliwości. Dla bólu trwającego 11–20 lat częstość wzrastała z 35,3% do 43,3%, a dla obecnego dłużej niż 20 lat – z 5,9% do 36,7% (różnice nieistotne statystycznie).

W literaturze przedmiotu nie ma prac określających zmianę częstości różnego typu bólu pleców (ostry, przewlekły, krótkotrwały) w zależności od wzrastającej dawki drgań. Jedynie w badaniach ankietowych, jakie przeprowadzili Bovenzi i Betta (19), znalazły się pytania dotyczące częstości występowania kilku rodzajów bólu (ból ostry, krótkotrwały i przewlekły), jednak bez powiązania z czasem narażenia na wibracje ogólne.

Mimo że w wielu publikacjach wykazano i potwierdzono występowanie związku przyczynowo-skutkowego między dawką wibracji ogólnej a częstością bólu pleców, nie należy zapominać o innych czynnikach ryzyka schorzeń kręgosłupa lędźwiowego. Należą do nich ciężka praca fizyczna, dźwiganie ciężarów i manipulowanie nimi oraz niewygodne pozycje przy pracy (skręty, wyginanie ciała, pozycja statyczna).

Wpływ 3 stresów zawodowych (ręczne manipulacje ciężarami, wibracja ogólna i pozycje statyczne) na bóle pleców u rolników wykazali Meyer i wsp. (3). Z kolei badania wykonane przez Bovenzi (4) dowiodły, że zaburzenia LBP są powiązane z wiekiem, wypadkami dotyczącymi pleców, skumulowaną dawką wibracji WBV oraz przeciążeniem wskutek niewłaściwej postawy ciała. Palmer i wsp. (5) stwierdzili występowanie istotnej zależności między codziennym dźwiganiem podczas pracy ciężarów o wadze powyżej 10 kg a występowaniem LBP, dokuczliwymi bólami pleców i rwą kulszową. Wskazali także na istotną zależność między dolegliwościami bólowymi pleców a oszacowanymi indywidualnymi dawkami wibracji ogólnej podczas poruszania się pojazdów roboczych.

Z kolei Okunribido i wsp. (6) wykazali, że ryzyko wystąpienia LBP u kierowców pojazdów roboczych jest spowodowane synergistycznym działaniem wibracji WBV, zajmowania długotrwałej pozycji siedzącej i/lub manipulacji ciężarami. Waters i wsp. (7) dokonali natomiast przeglądu prac, w których dzielono drgania mechaniczne WBV zależnie od ich charakteru na drgania ustalone i występujące w postaci wstrząsów mechanicznych. Analiza 8 badań doświadczalnych i 9 epidemiologicznych sugeruje zdaniem badaczy, że powtarzające się ciągle narażenie na wstrząsy mechaniczne może zwiększać ryzyko wystąpienia bólu LBP (26).

Z przeglądu literatury wynika, że konieczne jest kontynuowanie badań uwzględniających indywidualne narażenie na drgania oraz inne czynniki ryzyka występowania dolegliwości bólowych w dolnej części kręgosłupa.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone pomiary wykazały, że oszacowana skumulowana stażowa dawka drgań (d) u badanych rolników (98 osób) mieści się w zakresie 2,90–9,68 ($\text{lata} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-4}$) dla całkowitego stażu pracy w narażeniu na wibrację wynoszącego 15–50 lat.
2. Przeprowadzone badania ankietowe wykazały, że rolnicy indywidualni eksponowani na wibrację ogólną znacznie częściej skarżą się na bóle pleców (92 osoby, 94% badanych rolników), zlokalizowane w dolnej części kręgosłupa, niż pracownicy umysłowi (grupa porównawcza nieeksponowana na działanie drgań ogólnych; 25 osób, 63%) ($p < 0,0001$). Częstość bólu pleców u badanych rolników jest statystycznie istotnie wyższa niż w grupie porównawczej. Dotyczy to wszystkich trzech przedziałów stażu pracy ($p < 0,05$).

3. Wzrost częstości zgłaszanych dolegliwości wraz ze zwiększeniem dawki drgań dotyczy szczególnie odczuwania bólu pleców w okresie całego życia zawodowego ($p = 0,005$). W przypadku tzw. bólu przewlekłego obserwowano trend wzrostowy, jednak nieistotny statystycznie.
4. Strategia zapobiegania schorzeniom odcinka lędźwiowego kręgosłupa u rolników indywidualnych powinna polegać m.in. na obniżaniu ekspozycji na wibrację ogólną przez stosowanie siedzisk wyposażonych w urządzenia antywibracyjne lub skrócenie czasu trwania ekspozycji.
9. Walker-Bone K., Palmer K.T.: Musculoskeletal disorders in farmers and farm workers. *Occup. Med.* 2002;52(8): 441–450, <http://dx.doi.org/10.1093/occmed/52.8.441>
10. Solecki L.: Bóle pleców w dolnej części kręgosłupa wśród rolników eksponowanych na wibrację ogólną – przegląd piśmiennictwa. *Med. Pr.* 2011;62(2):187–202
11. Solecki L., Wasilkowski J., Choina P.: Ocena zależności między częstością występowania bólów pleców w dolnej części kręgosłupa a ekspozycją na wibrację ogólną wśród rolników indywidualnych. Raport z tematu nr 11120/11. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 2012
12. Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom A., Vinterberg H., Biering-Sorensen F., Andersson G. i wsp.: Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl. Ergon.* 1987;18(3):233–237, [http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)
13. Solecki L.: Studies of farmers' annual exposure to whole body vibration on selected family farms of mixed production profile. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2012; 19(2):247–253
14. PN-EN 14253+A1: Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia. Wytyczne praktyczne. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2010
15. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 10 października 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Załącznik nr 2. DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769
16. Bovenzi M.: Low back pain disorders and exposure to whole-body vibration in the workplace. *Semin. Perinatol.* 1996;20(1):38–53, [http://dx.doi.org/10.1016/S0146-0005\(96\)80056-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0146-0005(96)80056-5)
17. Boshuizen H.C., Hulshof C.T., Bongers P.M.: Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1990;62(2): 109–115, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00383586>
18. Boshuizen H.C., Hulshof C.T., Bongers P.M.: Long-term sick leave and disability pensioning due to back disorders of tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1990;62(2):117–122, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00383587>
19. Bovenzi M., Betta A.: Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Appl. Ergon.* 1994;25(4):231–241, [http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870\(94\)90004-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870(94)90004-3)
20. Sandover J., Gardner L., Stroud P., Robertson N.: Some epidemiological issues regarding vibration and tractor driving. *Proceedings of the United Kingdom Informal*

PIŚMIENNICTWO

1. Europejska Agencja Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy: Informacje wprowadzające na temat dolegliwości mięśniowo-szkieletowych związanych z pracą. *FACTS 71/2007* [cytowany 2 stycznia 2012]. Adres: <http://osha.europa.eu/pl/publications/factsheets/71>
2. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions: Fourth European Working Conditions Survey, 2005 [cytowany 2 stycznia 2012]. Adres: <http://eurofound.eu/ewcs/2005/index.htm>
3. Meyer J.P., Flenghi D., Deschamps J.P.: Effects of manual handling, posture, and whole body vibrations on low-back pain. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 1998;4(4):449–470
4. Bovenzi M.: Low back pain disorders and exposure to whole-body vibration in the workplace. *Semin. Perinatol.* 1996;20(1):38–53, [http://dx.doi.org/10.1016/S0146-0005\(96\)80056-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0146-0005(96)80056-5)
5. Palmer K.T., Griffin M.J., Syddall H.E., Pannett B., Cooper C., Coggon D.: The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occup. Environ. Med.* 2003;60(10):715–721
6. Okunribido O.O., Magnusson M., Pope M.H.: The role of whole body vibration, posture and manual handling as risk factors for low back pain in occupational drivers. *Ergonomics* 2008;51(3):308–329, <http://dx.doi.org/10.1080/00140130701637262>
7. Waters T., Rauche C., Genaidy A., Rashed T.: A new framework for evaluating potential risk of back disorders due to whole body vibration and repeated mechanical shock. *Ergonomics* 2007;50(3):379–395, <http://dx.doi.org/10.1080/00140130601089978>
8. Bovenzi M., Hulshof C.T.: An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986–1997). *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1999;72(6):351–365, <http://dx.doi.org/10.1007/s004200050387>

- Group Meeting on Human Response to Vibration. Institute of Naval Medicine, Alverstoke, Gosport 1994, ss. 1–21
21. Noorloos D., Tersteeg L., Tiemessen I., Hulshof C., Frings-Dresen M.: Does body mass index increase the risk of low back pain in a population exposed to whole body vibration? *Appl. Ergon.* 2008;39(6):779–785, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2007.11.002>
 22. Tiemessen I.J., Hulshof C.T., Dresen F.: Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: analysis of a dose-response pattern. *Occup. Environ. Med.* 2008;65(10):667–675, <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2007.035147>
 23. Bovenzi M.: Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: A prospective cohort study. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 2009;82(7):893–917, <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-008-0376-3>
 24. Pope M.H., Hansson T.H.: Vibration of the spine and low back pain. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1992;279:49–59, <http://dx.doi.org/10.1097/00003086-199206000-00007>
 25. Kumar A., Varghese M., Mohan D., Mahajan P., Gulati P., Kale S.: Effect of whole-body vibration on the low back. A study of tractor-driving farmers in north India. *Spine* 1999;24(23):2506–2515
 26. Solecki L.: Preliminary recognition of whole body vibration risk in private farmers' working environment. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2007;14(1):299–304