

Wyniki badań pilotażowych wybranych funkcji fizjologicznych i psychomotorycznych pracownika poddanego ekspozycji na niskoczęstotliwościowe drgania o działaniu ogólnym

dr inż. Piotr Kowalski, CIOP-PIB

Wprowadzenie

W Polsce wg danych GUS ok. 8000 zatrudnionych pracuje w warunkach narażenia na drgania mechaniczne. Ponieważ dane te nie uwzględniają zatrudnionych w małych przedsiębiorstwach (poniżej 10 zatrudnionych) oraz osób samo zatrudnionych, rzeczywista liczba narażonych jest znacznie większa. Zależności między ekspozycją na niskoczęstotliwościowe drgania mechaniczne o działaniu ogólnym, a pogłębiającymi się zaburzeniami układu mięśniowo – szkieletowego nie są dostatecznie rozpoznane. W Polsce zespół bólowy kręgosłupa - będący efektem ekspozycji na drgania nie znalazł się w wykazie chorób zawodowych, mimo, że w niektórych krajach (Niemcy, Belgia) uważany jest za chorobę zawodową. Także wpływ drgań mechanicznych działających w sposób ciągły na obniżanie się sprawności psychomotorycznej narażonych pracowników wciąż wymaga badań.

Pojawianie się zaburzeń układu mięśniowo – szkieletowego oraz funkcji psychomotorycznych prowadzi do obniżania się zdolności do pracy oraz zwiększania się prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku (szczególnie drogowego); może także wywołać trwałe zmiany chorobowe. W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie badawczym od wielu lat są prowadzone badania , ukierunkowane na rozpoznanie i przeciwdziałanie tym zjawiskom. Wydłużający się okres aktywności zawodowej sprawia, że zagadnienie negatywnego wpływu drgań ogólnych jest szczególnie istotne w odniesieniu do pracowników w wieku 50 lat i starszych. W latach 2014 - 2016 zostały przeprowadzone pilotażowe badania wpływu ekspozycji na niskoczęstotliwościowe drgania mechaniczne o działaniu ogólnym na:

- na napięcie mięśni wybranych obszarów ciała,
- na parametry centralnego układu krążenia,
- na sprawność psychomotoryczną i funkcje poznawcze

pracowników w wieku 50 +.

Stanowisko badawcze

Do przeprowadzenia badań zostało zaprojektowane i zbudowane specjalne stanowisko, które umożliwia symulowanie ekspozycji na drgania ogólne zarówno pionowe jak i poziome. Wyposażono je w siedzisko testowe, pedały i przyciski wykorzystywane w testach psychotechnicznych oraz systemy zabezpieczające badanego.



Warunki badań

Wszystkie badania przeprowadzane w ramach realizowanego projektu spełniają wymagania normy PN-EN ISO 13090-1:2002: Drgania mechaniczne i wstrząsy – Wytyczne dotyczące bezpieczeństwa testów i doświadczeń z udziałem ludzi – Część 1: Ekspozycja na ogólne drgania mechaniczne i powtarzane wstrząsy.

Podczas przeprowadzonych badań osoby poddawane ekspozycji na drgania zajmowały pozycję siedzącą w fotelu testowym (kąt zgięcia stawu biodrowego ok. 110° , a stawu kolanowego z zakresu 90° - 110°). Ekspozycja badanej osoby trwała 20 min w każdej turze badań (łącznie 40 min). Drganiowym sygnałem testowym był filtrowany biały szum z zakresu częstotliwości: 1 Hz - 30 Hz kontrolowany z dokładnością ± 2 dB. Wartość skorygowanego częstotliwościowo przyspieszenia drgań sygnału testowego wynosiła $0,9 \text{ m/s}^2$ (kontrolowana z dokładnością $\pm 0,05 \text{ m/s}^2$), tj. 28 % wartości dopuszczalnej NDN dla ekspozycji krótkotrwałej na drgania działające w sposób ogólny w środowisku pracy wynoszącej $3,2 \text{ m/s}^2$ (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2014 r. poz. 817);).

Wartości temperatury otoczenia podczas wszystkich badań mieściły się w zakresie $22,1^{\circ}\text{C}$ – $23,1^{\circ}\text{C}$, a wartości wilgotności względnej w zakresie 22% – 57%.

Badane osoby

Kwalifikacja uczestników badań została przeprowadzona zgodnie z wymaganiami zawartymi w PN-EN ISO 13090-1 na podstawie:

- badania ankietowego (dotyczącego stanu zdrowia badanej osoby),
- badania lekarskiego podmiotowego i przedmiotowego,
- badania spoczynkowego EKG.

oraz

- wstępnych testów sprawności psychomotorycznej.

Grupa badanych składała się z 20 osób aktywnych zawodowo w wieku od 50 do 60 lat. Dla 10 osób, stanowiących docelową grupę badanych, głównym kryterium doboru była nieprzerwana praca na stanowisku pracy w narażeniu na drgania ogólne przez co najmniej 10 ostatnich lat. Dla następnych 10 osób, stanowiących grupę referencyjną, głównym kryterium doboru był brak zawodowej ekspozycji na drgania przez co najmniej 10 ostatnich lat.

Metoda badań

Metoda badań opierała się na pomiarze parametrów charakteryzujących badane cechy:

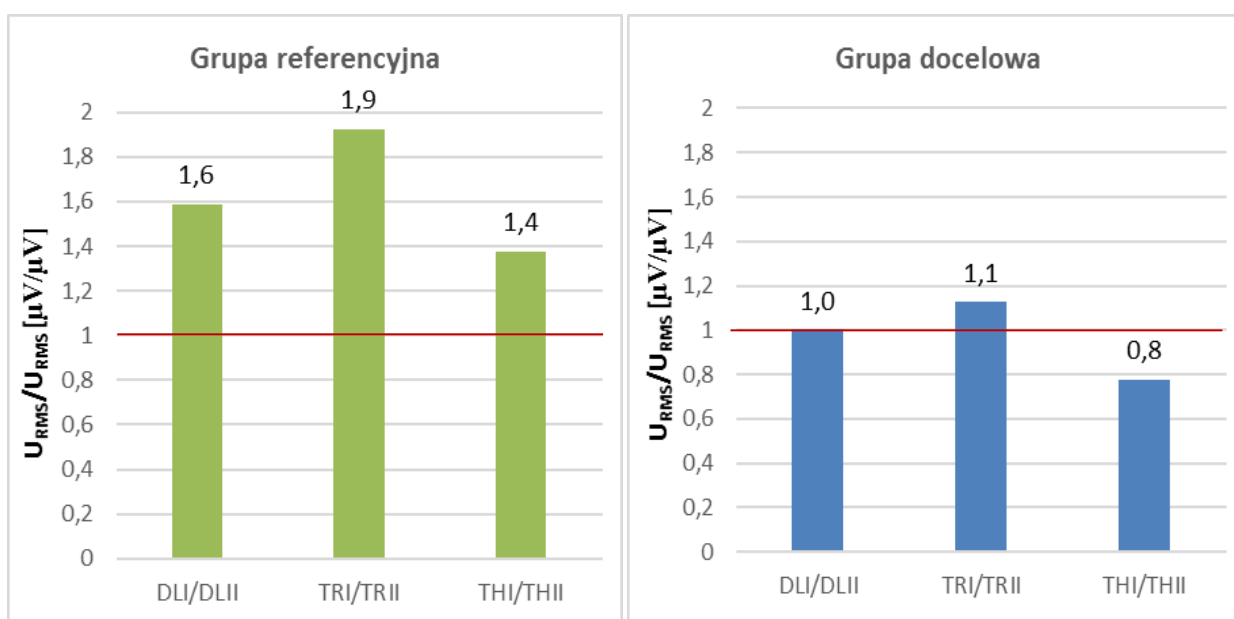
- amplitudy sygnału elektromiograficznego U_{RMS} wybranych mięśni - w przypadku napięcia mięśniowego,
- skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego krwi oraz częstości skurczów serca - w przypadku centralnego układu krążenia,
- czasu reakcji złożonej oraz wskaźników spostrzegawczości i koncentracji uwagi (testy TUS : 3/8 i 6/9) - w przypadku sprawności psychomotorycznej i funkcji poznawczych.

przed, podczas i po ekspozycji na drgania.

Następnie uzyskane wyniki były porównane w zależności od ekspozycji na drgania i przynależności badanej osoby do grupy docelowej lub referencyjnej.

Przykładowe wyniki badań

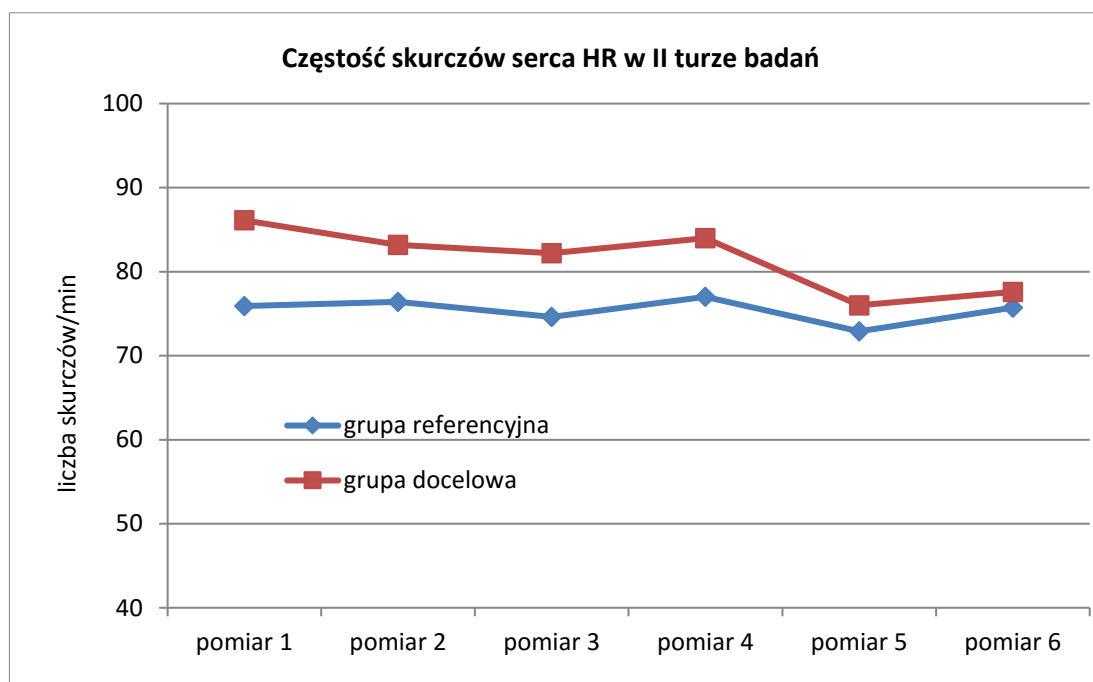
Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono m.in., że u badanych osób narażonych zawodowo na drgania (grupa docelowa) w wieku 50+ wpływ ekspozycji na drgania na napięcie mięśniowe jest mniejszy niż u pozostałych osób. Podczas gdy u badanych z grupy referencyjnej napięcie mięśniowe podczas ekspozycji na ogólne drgania pionowe było większe niż podczas ekspozycji na ogólne drgania poziome, w grupie docelowej nie zaobserwowano tego zjawiska.



Stosunek wartości napięcia mięśniowego U_{RMS} uzyskanych w I turze badań (ekspozycja na drgania pionowe) do wartości uzyskanych w II turze badań (ekspozycja na drgania poziome), dla badanych mięśni DL (mięsień naramienny), TR (mięsień czworoboczny) i TH (mięsień prostownik grzbietu) w grupie referencyjnej i docelowej

Wnioski i spostrzeżenia

Nie zaobserwowano istotnych zmiany wartości skurczowego i rozkurczowego tętniczego ciśnienia krwi, pod wpływem ekspozycji zarówno na drgania ogólne pionowe jak i poziome. Większe wartości częstości skurczów serca we wszystkich przeprowadzonych badaniach wystąpiły w grupie docelowej w porównaniu do wartości uzyskiwanych w grupie referencyjnej. Zaobserwowane zależności mogą świadczyć o małym wpływie drgań ogólnych na centralny układ krążenia.



Porównanie częstości skurczów serca HR w grupie referencyjnej i docelowej podczas II tury badań (ekspozycja na drgania poziome), (pomiar 1 – wartość spoczynkowa, pomiar 2 – przed ekspozycją na drgania, pomiar 3 – po 6 min ekspozycji, pomiar 4 – po 12 min ekspozycji, pomiar 5 – po 18 min ekspozycji, pomiar 6 – po zakończeniu ekspozycji)

Analizując wyniki badań wpływu ekspozycji na drgania na sprawność psychomotoryczną i funkcje poznawcze stwierdzono m.in., że w obu badanych grupach nie wystąpiły znaczące zmiany wartości czasów reakcji rejestrowanych: przed, w trakcie i po ekspozycji na drgania (zarówno pionowe jak i poziome). Mogłoby to oznaczać, że ekspozycja na drgania nie wpływa na pogorszenie się sprawności psychomotorycznej u badanych.

Uśrednione wartości czasu reakcji złożonej, rozrzut oraz liczba błędów dla grupy docelowej w I turze badań (ekspozycja na drgania pionowe)

	Średni czas reakcji SR, s			Rozrzut R, s			Liczba błędów LB		
	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3
Wartość średnia	0,541	0,535	0,530	0,457	0,405	0,401	2,2	1,7	0,8
Odchylenie standardowe σ	0,027	0,049	0,041	0,053	0,076	0,068	1,033	1,418	1,229
Mediana	0,545	0,545	0,530	0,445	0,400	0,405	2	1	0,5

- Po analizie wyników badań wpływu ekspozycji na drgania na napięcie mięśniowe stwierdzono, że:
 - w obu grupach badanych osób (w wieku 50+) występuje reakcja mięśniowa pod wpływem ekspozycji na drgania (pionowe i poziome),
 - u badanych osób narażonych zawodowo na drgania (grupa docelowa) wpływ ekspozycji na drgania na napięcie mięśniowe jest mniejszy niż u pozostałych osób,
 - podczas gdy u badanych z grupy referencyjnej napięcie mięśniowe podczas ekspozycji na ogólne drgania pionowe było większe niż podczas ekspozycji na ogólne drgania poziome, w grupie docelowej nie zaobserwowano tego zjawiska.
 - podczas ekspozycji na oba rodzaje drgań w obu grupach badanych największą aktywność wykazywał mięsień prostownik grzbietu,
 - w grupie referencyjnej zaobserwowano większą aktywność wszystkich badanych mięśni niż w grupie docelowej w obu turach badań (tj. podczas ekspozycji na drgania pionowe i poziome),
 - prawdopodobnie ze względu na małą liczebność badanych grup, testy statystyczne nie potwierdziły zaobserwowanych zależności, dlatego powinny one zostać zweryfikowane w większej grupie badanych.
- Podczas badań pilotażowych wpływu ekspozycji na drgania o działaniu ogólnym na centralny układ krążenia zaobserwowano, że:
 - W obu badanych grupach nie wystąpiły istotne zmiany wartości skurczowego i rozkurczowego tętniczego ciśnienia krwi, pod wpływem ekspozycji zarówno na drgania ogólne pionowe jak i poziome – wartości uzyskiwane w kolejnych 6 pomiarach nie zmieniały się w sposób znaczący, nie jest także widoczny wyraźny trend tych zmian. Może to świadczyć o małym wpływie drgań ogólnych na centralny układ krążenia. Jednak ze względu na małą liczebność badanych powinno to zostać zweryfikowane na większej populacji pracowników.

- zarówno wartości skurczowego tętniczego ciśnienia krwi jak i wartości rozkurczowego tętniczego ciśnienia krwi osiągają nieco wyższe wartości w grupie docelowej niż w grupie referencyjnej we wszystkich przeprowadzonych pomiarach,
 - większe wartości częstości skurczów serca we wszystkich przeprowadzonych badaniach wystąpiły także w grupie docelowej w porównaniu do wartości uzyskiwanych w grupie referencyjnej,
 - zależność pomiędzy wartościami parametrów krążenia (skurczowe i rozkurczowe tętnicze ciśnienie krwi, częstość skurczów serca), które były systematycznie większe w grupie docelowej niż w grupie referencyjnej podczas wszystkich przeprowadzonych pomiarów, wymaga wyjaśnienia w dodatkowych badaniach.
 - żaden z przeprowadzonych testów statystycznych nie wykazał istotnych statystycznie zależności pomiędzy wynikami badań parametrów krążenia uzyskiwanymi w grupie docelowej, a wynikami uzyskiwanymi w grupie referencyjnej.
3. Analizując wyniki badań wpływu ekspozycji na drgania na sprawność psychomotoryczną i funkcje poznawcze stwierdzono, że
- w obu badanych grupach nie wystąpiły znaczące zmiany wartości czasów reakcji rejestrowanych: przed, w trakcie i po ekspozycji na drgania (zarówno pionowe jak i poziome). Mogłoby to oznaczać, że ekspozycja na drgania nie wpływa na pogorszenie się sprawności psychomotorycznej u badanych. Jakkolwiek ze względu na krótki czas przerw (ok. 10 min) pomiędzy testami podczas sesji pomiarowej badanego, może być to związane z możliwością wystąpienia efektu uczenia się.
 - podczas wszystkich przeprowadzonych testów, w grupie docelowej były uzyskiwane nieco mniejsze wartości średnich czasów reakcji złożonej. Oznacza to lepszą sprawność psychomotoryczną w grupie docelowej. Nie zostało to jednak potwierdzone wynikami testów statystycznych. Takiej zależności nie zaobserwowano dla liczby błędów popełnianych w testach przez obie grupy badanych.
 - w obu badanych grupach ekspozycja na drgania nie wywołała obniżenia się szybkości pracy (obserwowano nawet nieznaczny jej wzrost). Przy czym w obu turach badań nieco wyższe wartości szybkości pracy wystąpiły w grupie referencyjnej,
 - nie wystąpiły zmiany w liczbie popełnianych błędów w testach TUS w zależności od przynależności do badanej grupy (referencyjnej lub docelowej) i momentu wykonywania testu (przed lub po ekspozycji na drgania). (Podczas wszystkich testów został popełniony tylko jeden błąd).
 - w obu turach badań w grupie referencyjnej nastąpiło zwiększenie liczby opuszczeń podczas wykonywania testu 6/9 (po ekspozycji na drgania) w stosunku do liczby opuszczeń w teście 3/8 (przed ekspozycją na drgania). W grupie docelowej efekt ten praktycznie nie wystąpił w turze II badań, natomiast w I turze wystąpił efekt odwrotny.

4. Wyniki przeprowadzonych badań pilotażowych dostarczyły informacji dotyczących możliwości wystąpienia zależności między ekspozycją na drgania, a funkcjami fizjologicznymi i psychomotorycznymi u pracowników w wieku 50+. Niektóre zmiany wartości badanych parametrów w zależności od przynależności do grupy referencyjnej lub docelowej, mogą być niezależne od ekspozycji na drgania. Zaobserwowane zjawiska powinny zostać zweryfikowane na grupie badanych o dużej liczebności.