

Joanna Mazur-Różycka

Fizjologiczne drżenie mięśniowe

– jak radzić sobie ze zmęczeniem podczas wykonywania prac manualnych wymagających precyzji

ZALECENIA I PRZYKŁADY DOBRYCH PRAKTYK

PORADNIK



Joanna Mazur-Różycka

Fizjologiczne drżenie mięśniowe

– jak radzić sobie ze zmęczeniem podczas wykonywania
prac manualnych wymagających precyzji

ZALECENIA I PRZYKŁADY DOBRYCH PRAKTYK

PORADNIK

CIOP  **PIB**

Warszawa 2022

Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt nr I.PB.04, pt. „Badanie charakterystyki drżenia fizjologicznego jako efektu zmęczenia związanego z wykonywaniem czynności manualnych wymagających precyzji”.

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: dr Joanna Mazur-Różycka, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zdjęcie na okładce
Bigstock/449580391

Projekt okładki
Jolanta Maj

Opracowanie redakcyjne
Monika Piech-Rzymowska

Opracowanie graficzne:
Dorota Marzec

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

ISBN 978-83-7373-382-4

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. 22 623 36 98, www.ciop.pl

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie.....	5
2. Klasyfikacja drzeń	7
3. Badania własne.....	14
4. Zalecenia i przykłady dobrych praktyk.....	19
5. Podsumowanie	25
Bibliografia	26

1. WPROWADZENIE

Dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego kończyn górnych to jedne z najczęściej występujących dolegliwości, jakie dotyczą osoby aktywne zawodowo w całej Europie oraz uprzemysłowionych częściach świata [1]. Jak podaje Eurofound (2016) [2], wśród głównych czynników powodujących zagrożenie dla układu mięśniowo-szkieletowego największy odsetek stanowią **czynności powtarzalne** oraz **męczące lub powodującej ból** pozycje podczas wykonywania określonych czynności w pracy. Dodatkowo na kondycje układu mięśniowo-szkieletowego kończyn górnych bezpośrednio mogą wpływać takie czynniki jak: wielkość obciążenia, tempo pracy oraz **precyzja wykonywanych zadań**.

olgotock/ 418307119



wpływać osłabiona siła mięśniowa, ograniczenie zdolności motorycznych oraz **wzmoczone drżenie mięśniowe**. Samo drżenie nie musi oddziaływać bezpośrednio na efekty pracy, jednak pracownicy w wyniku zmęczenia mogą mieć trudności z koordynacją ruchów i utrzymaniem wymaganego stopnia precyzji wykonywanych czynności, co może prowadzić do popełniania błędów oraz wypadków, a także pogłębienia dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego.

Drżenie jako objaw towarzyszący zmęczeniu może być potraktowane jako informacja o jego natężeniu. W odniesieniu do środowiska pracy np. chirurgów, pielęgniarek czy pracowników wykonujących wymagające precyzji monotypowe prace manualne istotne jest, aby zachować prawidłowe funkcje systemu neuromotorycznego kończyn górnych. Może to mieć zasadnicze znaczenie w przypadku przeciwdziałania wypadkom w pracy czy popełnianym przez pracowników błędom oraz dostosowania tempa pracy do możliwości pracownika. Brak dostosowania np. tempa pracy u starszych pracowników może skutkować większym obciążeniem układu mięśniowo-szkieletowego i może wpływać na zwiększone ryzyko urazów, dolegliwości oraz popełniania błędów. Znalezienie sposobów zmniejszenia obciążenia i zmęczenia układu ruchu pojawiającego się w wyniku wykonywania manualnych i powtarzalnych prac fizycznych angażujących kończyny górne może być istotne zarówno pod względem zdrowotnym, jak i ekonomiczno-gospodarczym.

W powszechnej opinii występowanie **drżenia kończyn u ludzi zdrowych** kojarzone jest z reakcją organizmu na silne zewnętrzne bodźce psychiczne lub fizyczne. Drżenie kończyn (górnych i dolnych) a także głosu może być objawem tremy wywołanej stresem psychicznym, np. występować u niedoświadczonych prelegentów podczas wystąpień publicznych w wyniku specyficznej reakcji układu nerwowego. Mięśnie napinające struny głosowe oraz wprawiające w ruch kończyny rozwijają siłę nierównomiernie, w sposób niedający świadomej kontroli. Drżenie tego typu obserwowane jest najczęściej w częściach dystalnych. Podobne zjawisko można zaobserwować w grupach mięśni uczestniczących w wysiłkach o dużej intensywności – co jest efektem zmęczenia lokalnego – pojawia się wyraźnie odczuwalne drżenie w kończynach, mogące uniemożliwiać precyzyjne wykonanie zaplanowanych czynności. Należy mieć na uwadze fakt, że drżenie towarzyszy pracy mięśni przez cały czas. Nie tylko w sytuacjach gdy jest wyczuwalne czy dostrzegalne dla obserwatora.

2. KLASYFIKACJA DRZEŃ

Drżenie można sklasyfikować z zastosowaniem różnych kryteriów, w zależności m.in. od jego etiologii, lokalizacji, sytuacji, w których występuje oraz objawów. Zgodnie z fenomenologią, w zależności od okoliczności, w jakich drżenie się objawia, można je podzielić na dwa główne typy – drżenie spoczynkowe i drżenie czynnościowe. Drżenie spoczynkowe jest objawem patologicznym i pojawia się samoistnie pod wpływem naprzemiennych, mimowolnych skurczów mięśni. Dotyczy zazwyczaj kończyn górnych, żuchwy, warg i głowy [3]. Natomiast drżenie czynnościowe występuje podczas aktywności ruchowej, a dzieli się na drżenie: posturalne, kinetyczne i izometryczne [4]. Wyróżniane są różne podtypy drżenia związanego z ruchem, np. zadaniowe, zamiarowe, izometryczne [5]. Główne cechy każdego drżenia to amplituda i częstotliwość. Służą one jako wyznaczniki do rozpoznawania rodzaju drżenia ludzkiego i oceny jego nasilenia. Częstotliwość drżenia zależy głównie od mechanizmu patofizjologicznego. Amplituda drżenia wykazuje zarówno krótko-, jak i długoterminową zmienność, która jest również modyfikowana przez postęp choroby i skuteczność leczenia.

Niektóre drżenia mogą być objawem chorobowym i wtedy kwalifikowane są jako drżenie patologiczne. Przykładem drżenia patologicznego jest drżenie towarzyszące chorobie Parkinsona, różnym rodzajom neuropatii, ale także zatruciu rtęcią, pestycydami czy środkami psychoaktywnymi.

Do wybranych rodzajów drżenia należą:

- **drżenie samoistne (ang. *Essential tremor* – ET)** – jest objawem patologicznym i najczęstszym zaburzeniem ruchowym wśród osób starszych; dotyczyć może ok. 1-5% populacji powyżej 60 roku życia [6, 7]. Drżenie samoistne polega na ruchach przywodzenia – odwodzenia palców. Obserwuje się stałe i rytmiczne ruchy, zazwyczaj symetryczne. Drżenie to zazwyczaj dotyczy rąk i przedramion, jednak może także odnosić się do głowy (ruchy tak-tak, nie-nie) oraz warg i żuchwy [8];

- ➔ **drżenie choroby Parkinsona** – klasyfikowane jest jako drżenie spoczynkowe i jest objawem patologicznym. Pojawia się samoistnie pod wpływem mimowolnych, naprzemiennych skurczów mięśni. Drżenie parkinsonowskie dotyczy dystalnych części kończyny dolnej, górnej, żuchwy, brody (bardzo rzadko szyi/głowy). Ma charakter prostowania – zginania w stawie łokciowym, a także pronacji – supinacji przedramienia oraz drżenia palców [9]. Towarzyszące cechy mogą obejmować bradykinezję (spowolnione ruchy), sztywność czy zamaskowaną twarz;
- ➔ **drżenie indukowane lekami (ang. *Medication-induced tremor*)** – może wystąpić jako efekt uboczny przyjmowania leków podczas leczenia wielu schorzeń, co czyni je bardzo powszechnym w praktyce klinicznej; Może mieć różne nasilenie. Jednym z najważniejszych czynników ryzyka występowania tego rodzaju drżenia jest wiek – częściej występuje u osób starszych. Może być to spowodowane występowaniem w tej grupie pacjentów kilku problemów medycznych i przyjmowaniem różnych leków, co z kolei może wpływać na interakcję ich chorób podstawowych z lekami wywołującymi drżenie: na przykład parkinsonizm wywołany przyjmowaniem metoklopramidu jest bardziej nasilony u pacjenta z niewydolnością nerek [10].

Jak wynika z powyższych rozważań, ruch wywołany drżeniem może być związany z wieloma czynnikami, np. zaburzeniami neurologicznymi, ale może być także związany z procesami naturalnymi. Drżenie związane z procesami naturalnymi określane jest jako **drżenie fizjologiczne**, które występuje w większym lub mniejszym stopniu u wszystkich ludzi [11] i jest normalnym przejawem pracy mięśni.

Drżenie fizjologiczne

DRŻENIE FIZJOLOGICZNE to mimowolne oscylacje poszczególnych części ciała u osób zdrowych, powstające w wyniku interakcji czynników o charakterze mechanicznym i nerwowym [12]

Drżenie fizjologiczne kończyny górnej występuje u wszystkich osób i nie jest widoczne dla nieuzbrojonego oka, a jednocześnie nie jest bez znaczenia. Wydaje się, że wzmożone drżenie mięśniowe, ograniczone zdolności motoryczne oraz osłabienie koordynacji wzrokowo ruchowej mogą wpływać na obniżenie precyzji w wykonywaniu czynności [13-15]. Najbardziej zauważalne jest podczas działania wymagającego niezwyklej precyzji i może znacznie wpływać na precyzyjne ruchy rąk u:

- ➔ profesjonalnych muzyków,
- ➔ zawodowych sportowców, reprezentantów w takich dyscyplinach jak: strzelectwo, łyżnictwo, biathlon,
- ➔ chirurgów,
- ➔ pilotów samolotów,
- ➔ personelu wojskowego podczas strzelania.

Czynniki mogące mieć wpływ na fizjologiczne drżenie mięśniowe (istotne dla pracowników wykonujących precyzyjne prace manualne)

Drżenie fizjologiczne występujące u zdrowych osób i jest zwykle niewidoczne z powodu niskiej amplitudy. U ludzi zdrowych amplituda drżenia i jej rozkład w dziedzinie częstotliwości mogą ulegać zmianom pod wpływem wielu czynników, których oddziaływanie może mieć charakter zarówno obwodowy jak i ośrodkowy [3]. Pośrednimi determinantami mogącymi mieć wpływ na drżenie fizjologiczne są wiek i płeć. Nasilone drżenie fizjologiczne charakteryzuje się zwiększoną amplitudą pod wpływem czynników takich jak: kofeina, niedobór snu, temperatura, zmęczenie, emocje, strach, stres, zatrucia. Poniżej przedstawiono bardziej szczegółowy opis wpływu wybranych czynników na parametry drżenia fizjologicznego.



bigstock/420596924

Kofeina

Wyniki doniesień na temat wpływu kofeiny na drżenie nie są jednoznaczne. W przypadku kofeiny należy mieć na uwadze, że efekty jej oddziaływania na organizm mogą być częściowo złagodzone przez zwiększoną tolerancję kofeiny. Osoby wcześniej niestosujące kofeiny wykazują wyraźniejsze pogorszenie zręczności w porównaniu z tymi, którzy regularnie spożywają napoje zawierające kofeinę [16].

Osoby, które zwykle nie spożywają napojów zawierających kofeinę, powinny powstrzymać się od jej konsumpcji przed wykonaniem czynności wymagających precyzji. Dodatkowo w badaniach dotyczących wpływu kofeiny na różne parametry należy mieć na uwadze, że kofeina może występować w wielu produktach (takich jak: kakao, czekolada, napoje), przez co uzyskanie dokładnych informacji na temat całkowitego spożycia kofeiny przez osoby badane może być trudne. Wyniki badań wskazują, że u osób z dietą ubogą w kofeinę umiarkowane dawki kofeiny, tj. 2,5 mg/kg mc powodowały drżenie rąk, jednak po spożyciu dawki 5 mg/kg mc znacznie pogarszała się u nich sprawność w posługiwaniu się pincetą [17]. Zaobserwowano także wpływ kofeiny na stabilność ręki chirurga podczas wykonywanych przez niego czynności w warunkach rzeczywistych [16]. Drżenie ręki wzrosło o 31% po spożyciu kofeiny w porównaniu z 15% wzrostem po spożyciu placebo. Chociaż w wielu badaniach stwierdzono obniżenie możliwości psychomotorycznych badanych po spożyciu kofeiny, rzadko brano pod uwagę skutki nagłej abstynencji kofeinowej, mogące mieć wpływ na ich stabilność i sprawność psychomotoryczną.

Niedobór snu

Niedobór snu polega na całkowitym braku snu przez określony czas lub na krótszym niż optymalny czasie snu. Jest on ściśle powiązany ze współczesnym stylem życia, a także z czynnikami związanymi z wykonywaną pracą, np. praca zmianowa [18]. Pozbawienie snu na jedną noc dla większości ludzi jest akceptowalne i zazwyczaj powoduje niewielki dyskomfort. Dłuższe niedobory snu mogą prowadzić do bardziej niekorzystnych zmian, m.in. zmniejszenia pre-

czyjności ruchów. W większości badań naukowych oceniano wpływ niedoboru snu na czas reakcji lub procesy poznawcze w kontekście czynności wykonywanych przez lekarzy. Z powodu braku snu zaobserwowano większą liczbę popełnianych błędów i wydłużenie czasu potrzebnego na wykonanie zadania wśród chirurgów wykonujących czynności w warunkach wirtualnej rzeczywistości na symulatorze chirurgii ogólnej [19]. Potwierdzono również negatywny wpływ niedoboru snu na precyzję ruchów rąk posługiwania się narzędziami u rezydentów chirurgii [20].



bigstock/459504213

Jednak pojawiają się badania, w których nie potwierdzono negatywnego wpływu braku snu na czas wykonania konkretnego zadania [21]. W odniesieniu do wpływu niedoboru snu na fizjologiczne drżenie mięśniowe wykazano, że brak snu w połączeniu z wysiłkiem fizycznym powoduje długotrwałe zmiany amplitudy drżenia w zakresie niskich częstotliwości. Zjawisko to może znacząco wpływać na sprawność psychomotoryczną, pogarszając zdolność do wykonywania zadań wymagających precyzji ruchu [12].

Temperatura

Wyniki badań w zakresie wpływu temperatury na parametry drżenia wskazują, że miejscowe ocieplenie mięśni znacznie zwiększa rozmiar parametrów drżenia, natomiast umiarkowane chłodzenie przedramienia zmniejsza drżenie nadgarstka [22], w wyniku czego chłodzenie może wpływać na poprawę kontroli podczas wykonywania ruchów precyzyjnych [23]. Chłodzenie mięśni może mieć wpływ na zdolności motoryczne, takie jak pisanie lub rysowanie spirali Archimedesesa [24], także u osób z drżeniem samoistnym – *Essential tremor* [25].

Zmniejszenie drżenia mięśni pod wpływem chłodzenia jest prawdopodobnie spowodowane kombinacją zmniejszonej prędkości przewodze-



bigstock/454927971

nia nerwu, zmienionych właściwości mięśni i zmniejszonej aktywności wrzeciona mięśniowego. Uważa się, że redukcja drżenia wiąże się ze zmniejszonymi odruchami długiej pętli, ponieważ rozładowanie wrzeciona mięśniowego zależy od temperatury [26]. Zwraca się także uwagę na temperaturę ciała i określenie wysokości temperatury, powyżej której istnieją możliwe do zidentyfikowania spadki wydajności. Tikuisis i wsp. [27] nie stwierdzili w swoich badaniach żadnego pogorszenia wydajności, dopóki głębokie temperatury ciała badanych osób wynosiły pomiędzy 36,4–37,9°C, a temperatura dłoni nie była niższa niż 19°C.

Pracownicy są narażeni na niskie temperatury w wielu przypadkach. W celu zminimalizowania narażenia na zimno można zastosować środki ochrony osobistej (rękawice lub inny sprzęt ochronny) podczas wykonywania zadań manualnych, co jednak może mieć wpływ na obniżenie wydajności.

Zmęczenie

Zmęczenie mięśniowe to każde spowodowane wysiłkiem fizycznym zmniejszenie zdolności do rozwijania przez mięśnie siły lub mocy [28]. Zmęczenie jest rozpatrywane jako superpozycja dwóch oddzielnych procesów. Pierwszy dotyczy zmian w samym mięśniu i jest definiowane jako zmęczenie obwodowe, natomiast drugi proces dotyczy struktur ośrodkowego układu nerwowego i jest rozumiane jako zmęczenie ośrodkowe. Należy pamiętać o występowaniu zmęczenia psychicznego, które powstaje z powodu przedłużających się okresów aktywności poznawczej [29] i może charakteryzować się uczuciem zmęczenia i zmniejszonej skłonności do wydatkowania energii.

W trakcie wykonywania manualnych czynności w pracach wymagających precyzji istotną rolę odgrywają mechanizmy adaptacyjne, a także odporność na zmęczenie. Na parametry drżenia fizjologicznego może wpływać wysiłek fizyczny, a wielkość zmian jest zależna od czasu trwania wysiłku oraz jego rodzaju [30]. Badania wskazują, że zarówno trening siłowy, jak i wysiłek o wzrastającej intensywności wpływają istotnie na wzrost amplitudy drżenia fizjologicznego. Uważa się, że zmiany amplitudy drżenia wywołane zmęczeniem wynikają z czasowego zaburzenia mechanizmów sterowania w układzie nerwowym.

Wiek i płeć

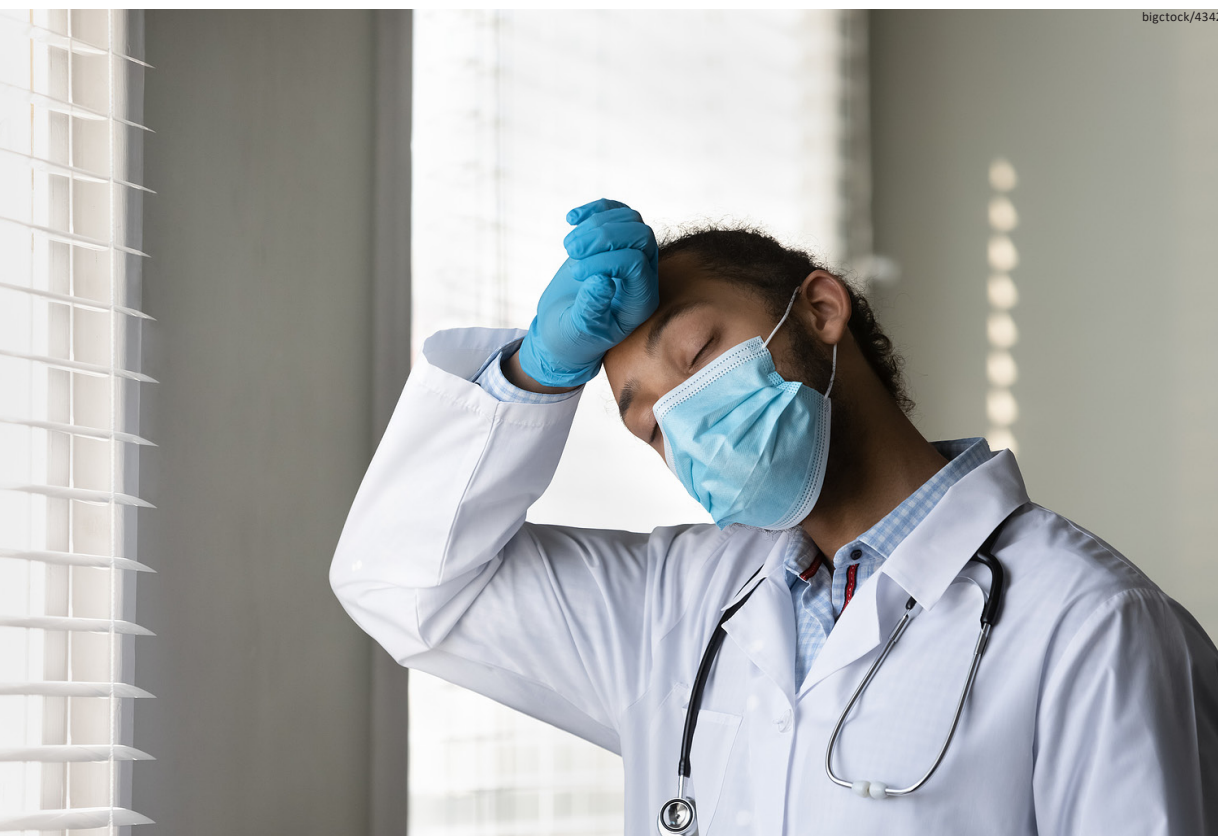
Płeć oraz wiek fizjologicznego jako pośrednie determinanty mogą oddziaływać na parametry drżenia [31]. Amplituda drżenia jest zróżnicowana międzyosobniczo. Wyniki badań dotyczące wpływu wieku i płci na parametry drżenia są niejednoznaczne. Z jednej strony, analiza badań wykazała brak istotnego wpływu wieku na parametry drżenia fizjologicznego u osób w wieku 20-94 lat, jednocześnie płeć badanych wpływa nieznacznie, ale znacząco na zakres częstotliwości drżenia ręki [32]. Zauważono, że jedynym bezpośrednim predyktorem częstotliwości drżenia była objętość ręki (należy zauważyć, że mężczyźni posiadają większe ręce). Z drugiej strony, badacze zauważyli, że wraz z wiekiem zwiększała się amplituda drżenia, która niezależnie od wieku była większa u mężczyzn niż u kobiet [33].

Przykładowo, wynik testu spirali u uczestników w najstarszej grupie wiekowej (> 60 lat) był około dwukrotnie wyższy niż u uczestników w najmłodszej grupie wiekowej (18-19 lat) [34]. Zaobserwowano, że amplituda drżenia prawej ręki u osób praworęcznych jest mniejsza niż amplituda drżenia lewej ręki [32], a także wykazano wpływ treningu dłoni na zmianę amplitudy drżenia fizjologicznego [35]. Amplituda drżenia w zakresie około 10 Hz (tzw. składowa fizjologiczna) w obu rękach u osób grających na instrumentach muzycznych była mniejsza niż u ciężarowców.

BADANIA WŁASNE

Celem badań prowadzonych w CIOP-PIB w latach 2020-2022 (projekt pt. „Badanie charakterystyki drżenia fizjologicznego jako efektu zmęczenia związanego z wykonywaniem czynności manualnych wymagających precyzji”) było opracowanie charakterystyki fizjologicznego drżenia mięśniowego jako podstawy do rozwoju metody oceny zmęczenia dla prac wymagających wykonywania czynności manualnych o dużej precyzji.

W ramach realizacji tego projektu przeprowadzono badania wpływu zmęczenia związanego z wykonywaniem czynności manualnych wymagających precyzji na charakterystyki drżenia fizjologicznego kobiet i mężczyzn w wieku 25-35 lat (40 osób) oraz 55-65 lat (40 osób). Przeprowadzono pomiary wartości parametrów fizjologicznego drżenia mięśniowego w warunkach zmęczenia podczas wykonywania czynności precyzyjnych. Dodatkowo zastosowano skalę Grandjeana, która stanowi subiektywną metodę oceny zmęczenia.

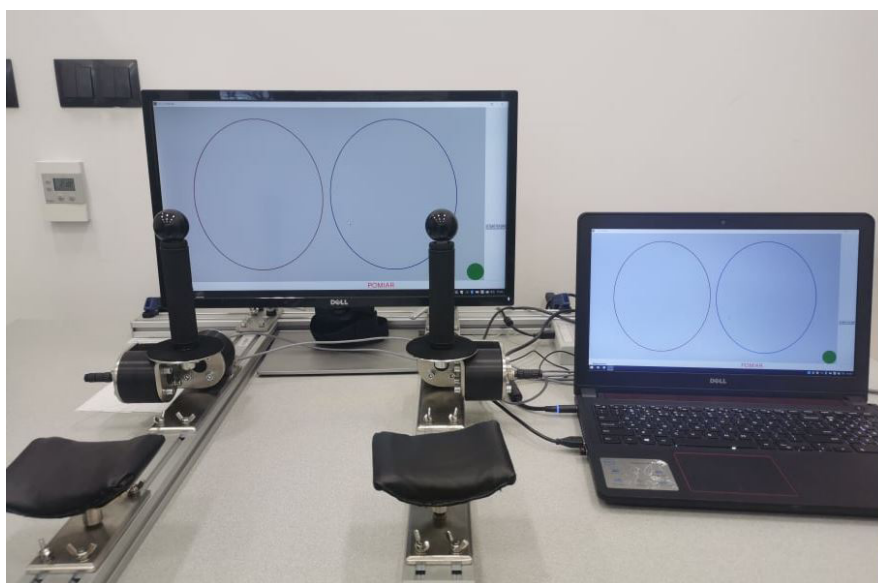


Zmęczenie było wywoływane trzygodzinnym (180 minut) testem dwuręcznego sterowania kończynami górnymi (rys. 1). Test składał się z trzech etapów. Pierwszy etap trwał 30 minut, drugi 60 minut, a trzeci 90 minut. Pomiary drżenia fizjologicznego oraz wypełnienie skali Grandjeana były prowadzone przed wysiłkiem oraz w 30, 90 i 180 minucie trwania testu dwuręcznego sterowania kończynami górnymi.

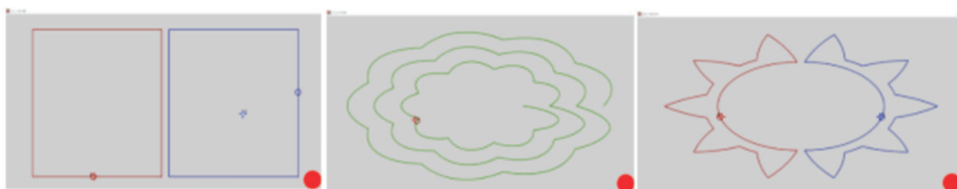


Rys. 1. Ideowy schemat sesji pomiarowej (źródło: własne)

Podczas trwania badań zadaniem osób badanych było wykonanie serii zadań na komputerze, polegających na sterowaniu kursorami po określonych torach. Sterowanie odbywało się za pomocą dwóch nieruchomych drążków – po jednym na rękę (fot. 1 i 2).



Fot. 1. Stanowisko do wykonywania czynności manualnych (wywoływanie zmęczenia) (źródło: własne)



Fot. 2. Przykładowe okna pojawiające się podczas kolejnych zadań koordynacji dwuręcznej (źródło: własne)

Podczas pomiarów drżenia kończyn górnych osoby badane znajdowały się w pozycji siedzącej, mając podparty tułów i stawy łokciowe o ścianę. Rejestратор z wbudowanym akcelerometrem umieszczono na jednokilogramowym ciężarku, który spoczywał na dłoni badanego, utrzymywanej przez niego poziomo, w możliwie nieruchomej pozycji (fot. 3). Badania drżenia fizjologicznego wykonywano jednocześnie dla prawej i lewej kończyny górnej. Pomiar trwał 32 sekundy.



Fot. 3. Pozycja pomiarowa drżenia fizjologicznego kończyny górnej (źródło: własne)

Skala Grandjeana stosowana bywa jako subiektywna miara zmęczenia wynikającego z wykonywania różnego typu prac i zawodów i stanowi – wskaźnik zmian poziomu sprawności psychofizycznej oraz poziomu pobudzenia oraz wskaźnik obciążenia psychicznego będącego skutkiem wykonywania zadań związanych z aktywnością umysłową [36].

Subiektywny wskaźnik zmęczenia zawiera następujące podskale:

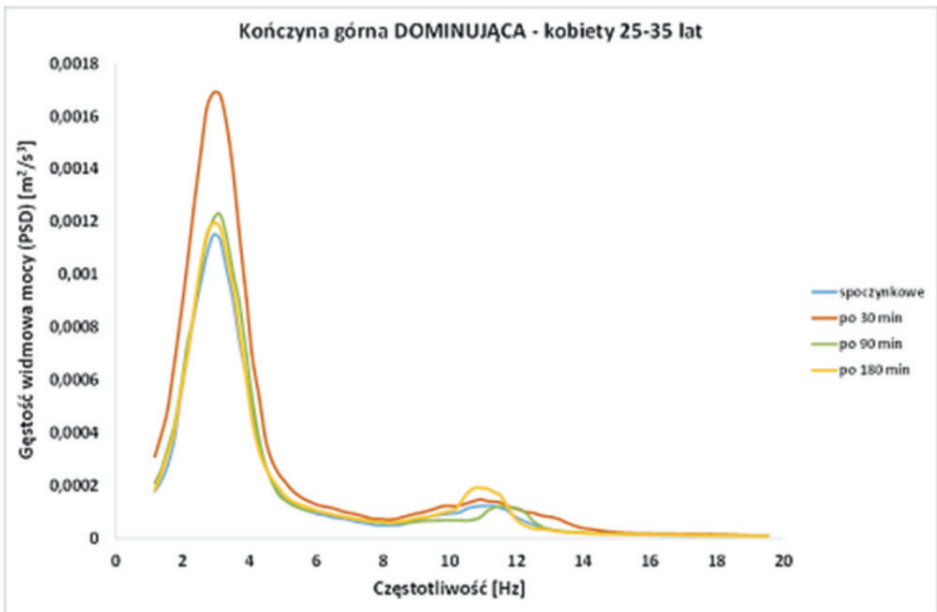
- ➔ silny – słaby
- ➔ wypoczęty – zmęczony
- ➔ zainteresowany – znudzony
- ➔ pełen wigoru – wyczerpany
- ➔ rozbudzony – śpiący
- ➔ skuteczny w działaniu – nieskuteczny w działaniu
- ➔ uważny – rozkojarzony
- ➔ zdolny do koncentracji – niezdolny do koncentracji.

Wyniki badań laboratoryjnych

Wnioski z otrzymanych wyników badań laboratoryjnych są następujące:

- ➔ przebiegi funkcji u kobiet i mężczyzn charakteryzują się podobieństwem kształtu – wykazują zgodność częstotliwości, dla których występują maksima oraz podobne proporcje poszczególnych składowych; na rysunku 2 przedstawiono przykładowe średnie przebiegi funkcji gęstości widmowej mocy sygnału drżenia uzyskane dla dominującej kończyny górnej w kolejnych pomiarach dla kobiet w wieku 25-35 lat ($n = 20$);
- ➔ wiek badanych osób nie wpływał istotnie na parametry drżenia fizjologicznego;
- ➔ zarówno dla wskaźnika (L) opisującego amplitudę drżenia składowych o niskich częstotliwościach z zakresu 1-5 Hz (L1-5), jak i o wysokich częstotliwościach z zakresu 8-14 Hz (L 8-14) stwierdzono różnicę istotną statystycznie między kobietami i mężczyznami; wskaźniki te przyjmują mniejsze wartości średnie dla kobiet;
- ➔ dla obu wskaźników istotną różnicę zaobserwowano w kolejnych pomiarach; oba wskaźniki przyjmowały największe wartości w drugim pomiarze; w przypadku L1-5 średnia z drugiego pomiaru była większa niż

- średnia z pierwszego pomiaru, a w przypadku L8-14 średnia z drugiego pomiaru była większa niż średnia z trzeciego pomiaru;
- istotnie większe okazały się średnie wartości obu wskaźników dla kończyny niedominującej;
 - wyniki porównań kolejnych pomiarów skali Grandjeana wskazywały na ich istotne zmiany w kierunku obniżenia zdolności do koncentracji, siły, uważności oraz zwiększenia odczucia zmęczenia i wyczerpania;
 - także silnie zarysowała się różnica między wynikami kobiet i mężczyzn, jeśli chodzi o popełnianie błędów w zadaniu polegającym na sterowaniu oburącz; wartości błędów popełnianych przez kobiety były mniejsze; czynnik związany z wiekiem nie odgrywał w tym przypadku istotnej roli; błędy popełniane kończyną niedominującą były wyraźnie i istotnie większe niż błędy popełniane kończyną dominującą.



Rys. 2. Średnie przebiegi funkcji gęstości widmowej mocy sygnału drżenia uzyskane dla dominującej kończyny górnej w kolejnych pomiarach dla kobiet w wieku 25-35 lat; wyższe wartości wskazują na wzrost drżenia

ZALECENIA I PRZYKŁADY DOBRYCH PRAKTYK

Zmęczenie/ zaburzenia układu nerwowo-mięśniowego

Problem

Zmęczenie powoduje ogólne obniżenie sprawności i koncentracji. Uważa się, że zmiany amplitudy drżenia wywołane zmęczeniem wynikają z czasowego zaburzenia mechanizmów sterowania w układzie nerwowym. Prawidłowe działanie układu nerwowo-mięśniowego warunkuje bezpieczeństwo ruchów. Nie tylko zmęczenie całego organizmu, ale także praca angażująca wybrane grupy mięśniowe może wpływać na obniżenie siły mięśni oraz pogarszać zdolności funkcjonalne i sensoryczne.

Zalecenia i dobre praktyki

- ➔ **Ogranicz siedzący tryb życia!** Zgodnie z najnowszymi rekomendacjami WHO dorośli (18-64 lata) powinni wykonywać aktywność fizyczną o umiarkowanej intensywności przez 150-300 minut tygodniowo lub o dużej intensywności przez 75-150 minut. W wytycznych także znajduje się zalecenie, aby wykonywać ćwiczenia wzmacniających mięśnie całego ciała przez 2 lub więcej dni w tygodniu.
- ➔ Warto zadbać o różnorodność w aktywności fizycznej (jazda na rowerze, pływanie, fitness, spacer).
- ➔ Warto podejmować aktywność fizyczną wspólnie z członkami rodziny.
- ➔ Warto uwzględnić ćwiczenia poprawiające czucie głębokie. Ćwiczenia tego rodzaju można znaleźć w „Programie ćwiczeń mających na celu poprawę zdolności koordynacyjnych i samokontroli położenia ciała w przestrzeni” zamieszczonym na stronie internetowej CIOP-PIB [37].
- ➔ Należy zadbać o prawidłowy sen!



bigstock/Kurhan

Niedobór snu / Zaburzenia snu

Problem

Niedobór snu polega na krótszym śnie niż optymalny czas snu lub całkowitym jego braku przez określony czas. Niedobór snu może wynikać ze stylu życia i związanych z nim m.in. zaburzeń rytmu okołodobowego, wynikających z wykonywanej pracy (np. praca zmianowa, która negatywnie wpływa na cykl: sen – czuwanie; może ona powodować bezsenność, a to z kolei oddziałuje niekorzystnie na funkcjonowanie całego organizmu). W przypadku znacznie zmniejszonej liczby godzin snu lub jego długotrwałego braku dochodzi do zaburzeń fizjologicznych i funkcjonalnych organizmu, tj. obniżenia koncentracji, otępienia oraz odczuwania wzmożonego zmęczenia.

Zalecenia i dobre praktyki

- Czas snu powinien wynosić 7-9 h na dobę.
- Temperatura powietrza w pomieszczeniu przeznaczonym na sen powinna wynosić ok. 18-20°C.
- Wilgotność powietrza w pomieszczeniu powinna wynosić 40-60%.
- Przed snem należy unikać czynników pobudzających, np. kofeina, alkohol.
- Przed snem należy ograniczyć korzystanie z urządzeń emitujących światło niebieskie, np. smartfon, tablet.
- Przed snem należy unikać posiłków ciężkostrawnych, które mogą obciążać układ trawienny.
- Codzienne, wyciszające rytuały, tj. kąpiel, czytanie książek czy muzyka relaksacyjna mogą pomóc w zasypianiu.



Organizacja stanowiska pracy / Obszar pracy

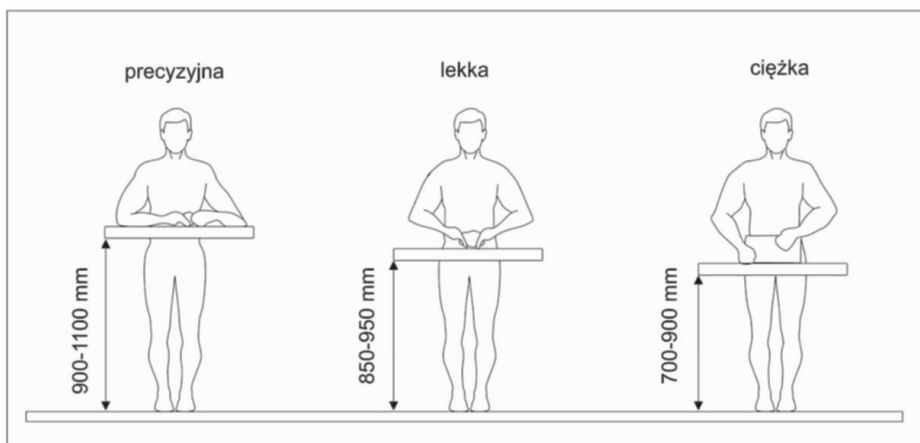
Problem

Pozycja ciała przyjmowana przez pracownika podczas wykonywania określonych czynności w pracy to istotny czynnik wpływający na obciążenie i zmęczenie układu mięśniowo-szkieletowego. Jednymi z czynników wpływających na przyjmowane pozycje pracownika podczas pracy są obszar pracy oraz wymiary stanowiska roboczego. Istotne, aby obciążenie wynikające z przyjmowanych pozycji ciała było minimalne, dlatego ważnym aspektem jest odpowiednie zaprojektowanie stanowiska pracy oraz ograniczenie konieczności przyjmowania przez pracownika pozycji niewygodnych i wymuszonych. W przypadku wykonywania prac manualnych i powtarzalnych bardzo ważna jest wysokość blatu roboczego, która ma wpływ na ułożenie kończyn górnych.

Zalecenia i dobre praktyki

Położenie blatu roboczego powinno być zależne od typu wykonywanej pracy i określane w stosunku do wysokości łokciowej (rys. 3) [38]:

- podczas wykonywania prac manualnych łokcie nie powinny być podnieszone wyżej niż na 10 cm ponad wysokość łokci,
- podczas prac precyzyjnych niezbędna jest szczegółowa kontrola wzrokowa, dlatego położenie blatu roboczego powinno być wyższe w stosunku do poziomu wysokości roboczej podczas wykonywania prac manualnych,
- podczas prac niewymagających dokładności i precyzji ruchów – w pozycji ze swobodnie opuszczonymi ramionami dłonie powinny znajdować się około 7,5 cm poniżej wysokości łokci.



Rys. 3. Położenie blatu roboczego w zależności od typu wykonywanej pracy – określane w stosunku do wysokości łokciowej) (opracowano na podstawie [38])

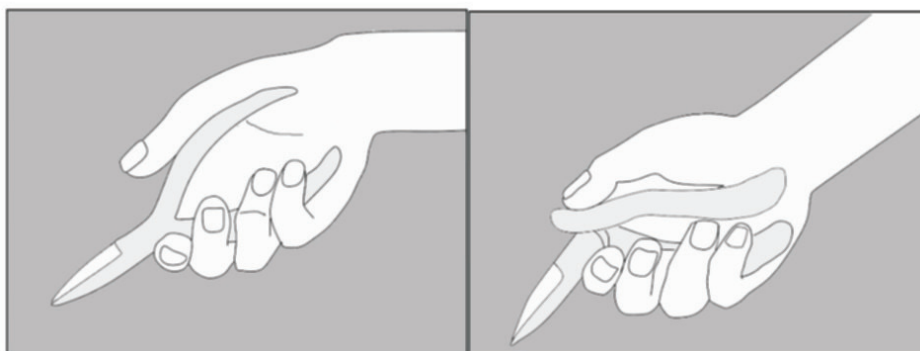
Odpowiednie dobranie narzędzi

Problem

Zasadniczym czynnikiem wpływającym na poziom obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego, a zwłaszcza obciążenia mięśni przedramion jest sposób używania narzędzi roboczych. Niestety jest to aspekt często pomijany. Podczas wykonywania prac manualnych (także precyzyjnych, wymagających użycia sprzętu) praca może wiązać się z ciągłym ściskaniem ręki oraz wywieraniem siły na używane narzędzie w celu jego utrzymania. Może to powodować długotrwałą aktywację mięśni przedramion odpowiedzialnych m.in. za zginanie lub prostowanie nadgarstków oraz palców. Istotny jest także dobór odpowiednich narzędzi, z odpowiednio zaprojektowanym uchwytem, który nie będzie wymuszał nienaturalnego zgięcia bądź skręcenia w nadgarstku lub nadmiernego uniesienia ramion.

Zalecenia i dobre praktyki

- Zdolność do generowania siły na odpowiednim poziomie przez mięśnie zależy od położenia kąтового danego członu ciała. Istotne jest narzędzie wykorzystywane w pracy. Poniżej przedstawiono (rys. 4) przykłady narzędzi ze źle i dobrze zaprojektowanym uchwytem.
- Bardzo ważna jest poprawna pozycja ciała podczas pracy, prawidłowy dobór narzędzi do charakteru wykonywanych zadań i właściwe z nich korzystanie (m.in. ułożenie narzędzia w dłoni). **Nadgarstek powinien być ułożony w pozycji neutralnej** (rys. 4) – nadmierne zgięcie w nadgarstku powoduje osłabienie siły chwytu ręki lub zwiększenie zmęczenia mięśni.



Rys. 4. Przykłady narzędzi ze źle (a) i dobrze (b) zaprojektowanym uchwytem oraz prawidłowe i nieprawidłowe ułożenie nadgarstka (opracowano na podstawie [38])

Organizacja czasu i tempa pracy

Problem

Na zmęczenie mięśniowe oraz ryzyko powstania dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego może wpływać także charakterystyka czasowa czynności wykonywanych na stanowisku pracy (organizacja czasu pracy oraz tempo pracy). W przypadku pracy manualnej, wymagającej precyzji (będącej pracą o charakterze statycznym) na obciążenie oraz poziom zmęczenia mogą wpływać zarówno zbyt długie utrzymywanie pozycji nieruchomej lub pozostawanie w nieznacznym ruchu, jak i zbyt częste powtarzanie tych samych czynności. Ponieważ zmęczenie może mieć wpływ na parametry drżenia mięśniowego, to w przypadku pracy o charakterze manualnym, wymagającym precyzji zmęczenie będzie miało przełożenie na możliwość wykonywania pracy oraz jej jakość.

Zalecenia i dobre praktyki

- Tempo pracy powinno być kompromisem między produktywnością a obciążeniem mięśniowo-szkieletowym.
- Zaleca się – w miarę możliwości – rotację na stanowiskach pracy, tj. zmianę pracowników między różnymi stanowiskami. Takie działanie daje możliwość odpoczynku jednej grupie mięśniowej, podczas gdy przy wykonywaniu nowych zadań pracują inne grupy mięśniowe.
- Należy zwrócić uwagę także na przerwy w pracy. Wykazano, że w sektorze przemysłu 10-minutowa przerwa co godzinę jest bardziej korzystna na obniżenie poziomu zmęczenia niż 15-minutowa co 1,5 godziny. Słusznym rozwiązaniem jest stosowanie mikroprzerw (tzw. *microbreaks*), czyli krótkich, dobrowolnych i nieplanowanych przerw w ciągu dnia pracy. Taki rodzaj przerw może wpłynąć na obniżenie obciążenia mięśni przy jednoczesnym braku wpływu na obniżenie produktywności.

PODSUMOWANIE

Fizjologiczne drżenie mięśniowe towarzyszy pracy mięśni przez cały czas, jednak nie jest praktycznie wyczuwalne ani dostrzegalne dla obserwatora. W przypadku występowania zmęczenia może pojawiać się wyraźnie odczuwalne drżenie w kończynach i może mieć znaczący wpływ na zmniejszenie możliwości precyzyjnego wykonywania czynności w pracy. Zmniejszenie obciążenia i zmęczenia układu ruchu – pojawiających się w wyniku wykonywania manualnych i powtarzalnych prac fizycznych angażujących kończyny górne – może być istotne zarówno pod względem zdrowotnym, jak i ekonomiczno-gospodarczym. Aby ograniczyć wpływ zmęczenia na jakość wykonywanej pracy, należy zadbać o prawidłowe działanie układu nerwowo-mięśniowego, styl życia i środowisko, ale także o odpowiednią organizację miejsca i czasu pracy.

BIBLIOGRAFIA

1. Finneran A, O'Sullivan L. Effects of grip type and wrist posture on forearm EMG activity, endurance time and movement accuracy. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2013;43(1):91-99.
2. Eurofound 2016. European Working Conditions Survey. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions (www.eurofound.europa.eu)
3. Gajewski J. Wpływ wybranych form wysiłku fizycznego na posturalne drżenie fizjologiczne kończyny górnej człowieka. Warszawa: Wydawnictwo AWF; 2007.
4. Smaga S. Tremor. *American Family Physician*. 2003;68(8):1545-1552.
5. Fiszer U. Drżenie-rozpoznanie i leczenie. *Polski Przegląd Neurologiczny*. 2008;4(A):9-10.
6. Siemiński M, Nyka WM, Nitka-Siemińska A. Drżenie samoistne. *Forum Medycyny Rodzinnej*. 2007;1(3):250-254.
7. Chen W, Hopfner F, Szymczak S, et al. Topography of essential tremor. *Parkinsonism Related Disorders*. 2017;40:58-63.
8. Budrewicz S, Koszewicz M, Koziorowska-Gawron E. Drżenie samoistne – nowe koncepcje patogenetyczne. *Polski Przegląd Neurologiczny*. 2014;10(4):139-144.
9. Sławek J. Drżenie w chorobie Parkinsona – rozpoznawanie i leczenie. *Polski Przegląd Neurologiczny*. 2017;13(4):163-172.
10. Morgan JC, Kurek JA, Davis JL, et al. Insights into pathophysiology from medication – induced tremor. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*. 2017;(7):442.
11. Andrade AO, Pereira AA, Soares MF, et al. Human tremor: origins, detection and quantification. *Practical Applications in Biomedical Engineering*; 2013. [Online]. DOI: 10.5772/54524
12. Tomczak A, Gajewski J, Mazur-Różycka J. Changes in physiological tremor resulting from sleep deprivation under conditions of increasing fatigue during prolonged military training. *Biology of Sport*. 2014;31(4):303-308.
13. Forsberg H, Eliasson AC, Kinoshita H, et al. Development of human precision grip I: basic coordination of force. *Experimental Brain Research*. 1991;85(2):451-457.
14. Gajewski J, Iskra L. Próba zastosowania badań efektów drżenia fizjologicznego w diagnostyce sportowej. W: Wit A, red. *Biomechaniczna ocena układu ruchu sportowca*. Warszawa: Instytut Sportu; 1992. s. 93-115.

15. Elble RJ. Tremor: clinical features, pathophysiology, and treatment. *Neurologic clinics*. 2009;27(3):679-695.
16. Humayun MU, Rader RS, Pieramici DJ, et al. Quantitative measurement of the effects of caffeine and propranolol on surgeon hand tremor. *Archives of Ophthalmology*. 1997;115(3):371-374.
17. Jacobson BH, Winter-Roberts K, Gemmell HA. Influence of caffeine on selected manual manipulation skills. *Perceptual and Motor Skills*. 1991;72(3):1175-1181.
18. Orzeł-Gryglewska J. Consequences of sleep deprivation. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2010. [Online]. DOI:10.2478/v10001-010-0004-9
19. Aggarwal R, Mishra A, Crochet P, et al. Effect of caffeine and taurine on simulated laparoscopy performed following sleep deprivation. *The British Journal of Surgery*. 2011;98(11):1666-1672.
20. Kahol K, Leyba MJ, Deka M, et al. Effect of fatigue on psychomotor and cognitive skills. *The American Journal of Surgery*. 2008;195:195-204.
21. Veddeng A, Husby T, Engelsen IB, et al. Impact of night shifts on laparoscopic skills and cognitive function among gynecologists. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2014;93(12):1255-1261.
22. Lakie M. The influence of muscle tremor on shooting performance. *Experimental Physiology*. 2010;95(3):441-450.
23. Geurts C, Sleivert GG, Cheung SS. Temperature effects on the contractile characteristics and sub-maximal voluntary isometric force production of the first dorsal interosseus muscle. *European Journal of Applied Physiology*. 2004;91(1):41-45.
24. Cooper C, Evidente VG, Hentz JG, et al. The effect of temperature on hand function in patients with tremor. *Journal of Hand Therapy: Official Journal of the American Society of Hand Therapists*. 2000;13(4):276-288.
25. Lakie M, Walsh EG, Arblaster LA, et al. Limb temperature and human tremors. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 1994;57(1):35-42.
26. Feys P, Helsen W, Liu X, et al. Effects of peripheral cooling on intention tremor in multiple sclerosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 2005;76(3):373-379.
27. Tikuisis P, Keefe AA, Keillor J, et al. Investigation of rifle marksmanship on simulated targets during thermal discomfort. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 2002;73(12):1176-1183.
28. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*. 2001;81(4):1725-1789.
29. Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Research Reviews* 2008;59:125-139.
30. Gajewski J, Wit A, Hübner-Woźniak E. Effect of strength exercises on changes in tremor and hormonal response. *Journal of Physical Education and Sport*. 2002;46(1):551-552.

31. Lakie M, Villagra F, Bowman I, et al. Shooting performance is related to forearm temperature and hand tremor size. *Journal of Sports Sciences*. 1995;13(4):313-320.
32. Raethjen J, Pawlas F, Lindemann M, et al. Determinants of physiologic tremor in a large normal population. *Clinical Neurophysiology*. 2000;111(10):1825-1837.
33. Louis ED, Ferrer M, Eliassen EH, et al. Tremor in normal adults: A population-based study of 1158 adults in the Faroe Islands. *Journal of the Neurological Sciences*. 2019;400:169-174.
34. Louis ED, Hafeman D, Parvez F. Tremor severity and age: A cross-sectional, population-based study of 2,524 young and midlife normal adults. *Movement Disorders*. 2011;26(8):1515-1520.
35. Semmler JG, Nordstrom MA. Motor unit discharge and force tremor in skill- and strength-trained individuals. *Experimental Brain Research*. 1998;119(1):27-38.
36. Baschera P, Grandjean E. Effects of repetitive tasks with different degrees of difficulty on critical fusion frequency (CFF) and subjective state. *Ergonomics*. 1979;22(4):377-385.
37. Mazur-Różycka J, Łach P. Program ćwiczeń mających na celu poprawę zdolności koordynacyjnych i samokontroli położenia ciała w przestrzeni. [Online]. <https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/88663/2019103103051&Program-cwiczen-I-N-11-J-Mazur-Rozycka.pdf>
38. Łach P. Zalecenia i przykłady dobrych praktyk sposoby ograniczenia obciążenia i zmęczenia na stanowiskach pracy powtarzalnej. Warszawa: CIOP-PIB; 2016. https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/91554/Zalecenia_i_przyklady_dobrych_praktyk_2224.pdf