

dr JOANNA MAZUR-RÓŻYCKA (ORCID: 0000-0002-3905-9291)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: jomaz@ciop.pl

dr hab. inż. prof. AWF JAN GAJEWSKI (ORCID: 0000-0002-2146-6198)

Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie

DOI: 10.5604/01.3001.0014.9358

Fizjologiczne drżenie mięśniowe – wpływ wybranych czynników zewnętrznych

Przegląd piśmiennictwa

Fot. PATCHARIN/Bigstockphoto



W artykule poruszono zagadnienia związane ze zjawiskiem fizjologicznego drżenia mięśniowego, które z różnym natężeniem występuje u wszystkich ludzi bez wyjątku. Opisano wpływ czynników zewnętrznych (tj. używek, zmęczenia, niedoboru snu) na fizjologiczne drżenie mięśniowe. W przypadku wzmożonego drżenia mięśniowego może wystąpić ograniczenie zdolności motorycznych oraz osłabienie koordynacji wzrokowo-ruchowej, co może powodować obniżenie precyzji wykonywania czynności.

Słowa kluczowe: drżenie mięśniowe, praca manualna, precyzja

Physiological tremor – the influence of selected external factors. Literature review

The article deals with issues related to the phenomenon of physiological muscle tremors, which occur in all people albeit with varying degrees of intensity. The influence of external factors (i.e. stimulants, fatigue, sleep deprivation) on physiological muscle tremors was described in the text. In case of the increased muscle tremor, there may be reduced motor skills and weakened eye-motor coordination, which may in effect reduce the precision of activities.

Keywords: muscle tremor, manual work, precision

Wstęp

Drżenie można sklasyfikować w zależności od jego etiologii, fenomenologii, lokalizacji i częstotliwości. Niektóre drżenia, szczególnie o dużej amplitudzie i specyficznych częstotliwościach, mogą być objawami chorobowymi i wte-

dy klasyfikowane są jako drżenie patologiczne, np. w chorobie Parkinsona. Drżenia występują również u wszystkich osób zdrowych, będąc przejawem normalnej pracy mięśni, i określane są wtedy jako drżenia fizjologiczne.

Termin „drżenie fizjologiczne” definiuje się jako mimowolne oscylacyjne ruchy poszczególnych czę-

ści ciała osób zdrowych, generowane w wyniku interakcji czynników o charakterze mechanicznym i nerwowym [1], występujące w większym lub mniejszym stopniu u wszystkich ludzi [2]. Drżenie fizjologiczne zwykle nie jest widoczne dla nieuzbrojonego oka, natomiast ujawnia się podczas działania wymagającego dużej precyzji i nie

pozostaje bez znaczenia dla wykonywanej pracy [3]. Wzmoczone drżenie mięśniowe, ograniczone zdolności motoryczne oraz osłabienie koordynacji wzrokowo-ruchowej mogą wpływać na obniżenie precyzji wykonywania czynności. Drżenie fizjologiczne może zaburzać precyzyjną kontrolę ręki u profesjonalnych muzyków i może być przyczyną pogorszenia sprawności motorycznej u profesjonalnych sportowców niektórych dyscyplin, takich jak strzelectwo czy łucznictwo, a także u chirurgów czy pilotów samolotów. Żołnierzom może utrudniać skuteczne strzelanie.

Samo drżenie nie musi oddziaływać bezpośrednio na efekty pracy, jednak pracownicy w wyniku zmęczenia mogą mieć trudności z koordynacją ruchów i wykonywaniem czynności na wymaganym poziomie, co prowadzi do popełniania błędów i wynikających z nich wypadków. Drżenie jako objaw towarzyszący zmęczeniu może być potraktowane jako informacja o jego natężeniu.

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 [4]. Celem artykułu jest przegląd i wskazanie czynników mogących mieć wpływ na parametry fizjologicznego drżenia mięśniowego w kontekście wykonywania prac manualnych wymagających precyzji.

Wybrane czynniki oddziałujące na fizjologiczne drżenie mięśniowe u pracowników wykonujących precyzyjne prace manualne

Wiek i płeć

Amplituda drżenia jest silnie zróżnicowana międzyosobniczo, przy czym wiek i płeć mogą oddziaływać na drżenie fizjologiczne jako pośrednie determinanty [5]. Wyniki badań poświęconych zagadnieniom wpływu wieku oraz płci na parametry fizjologicznego drżenia mięśniowego prowadzą do niejednoznacznych wniosków. W literaturze światowej występują prace, w których wskazano na to, że taka zależność istnieje, oraz takie, w których tej zależności nie wykazano. W badaniach prowadzonych w 2000 r. w grupie 117 zdrowych osób narodowości niemieckiej w wieku 20-94 lat nie stwierdzono znaczącego wpływu wieku na częstotliwość drżenia, podczas gdy płeć badanych nieznacznie, ale związana była z zakresem częstotliwości drżenia ręki. Za pomocą analizy korelacji cząstkowych stwierdzono jednak, że jedynym bezpośrednim predyktorem częstotliwości drżenia była objętość ręki, co dowodzi, że wpływ płci na częstotliwość drżenia rąk jest efektem pośrednim i ma związek z faktem, że mężczyźni mają znacznie większe ręce, co przekłada się na efekt mechaniczny związany ze zmniejszeniem częstotliwości rezonansowej [6].

Z kolei badania przeprowadzone w grupie 1158 zdrowych osób w wieku 40-98 lat, mieszkańców Wysp Owczych (2019 r.) wykazały, że wraz z wiekiem zwiększała się amplituda drżenia, która,



Fot. volodymyrshtun/Bigstockphoto.

niezależnie od wieku, była większa u mężczyzn niż u kobiet [7]. Również Louis i wsp. w badaniach populacyjnych (Bangladesz, 2011 r.) obejmujących ponad 2500 zdrowych osób dorosłych (18-60 lat) potwierdzili wyraźny związek nasilenia drżenia fizjologicznego z wiekiem [8]. Wykazali, że w kolejnych grupach wiekowych rysowana spirala była coraz mniej precyzyjna. Wynik ten u uczestników w najstarszej grupie wiekowej (60 lat) był około dwukrotnie wyższy niż u uczestników w najmłodszej grupie wiekowej (18-19 lat). Dane te sugerują, że zależny od wieku wzrost amplitudy drżenia nie jest ograniczony wyłącznie do osób starszych, ale występuje we wszystkich badanych grupach wiekowych.

W przypadku badań dotyczących drżenia mięśniowego oraz prac wymagających precyzji istotnym zagadnieniem jest także stabilność dłoni czy też parametry morfologiczne palców. Zaproponowano, że podczas wykonywania zadań związanych z manipulacją pracownicy mający krótkie palce mają przewagę, kiedy wymaga się od nich użycia małych przedmiotów [9]. Amplituda drżenia w zakresie około 10 Hz (tzw. składowa fizjologiczna) w obu rękach u osób zajmujących się precyzyjną pracą manualną, np. grających na instrumentach muzycznych, była mniejsza niż u sportowców trenujących podnoszenie ciężarów. Zaobserwowano także, że amplituda drżenia prawej ręki u osób praworęcznych jest mniejsza niż amplituda drżenia lewej ręki [6]. Wykazano również wpływ specjalnego treningu ręki na zmianę amplitudy drżenia fizjologicznego [10].

Użytki (tj. kawa, alkohol)

Wpływ kofeiny na drżenie rąk jest często podejmowanym i dobrze przebadanym tematem, jednak wyniki doniesień nie są jednoznaczne. U młodych osób dorosłych z dietą ubogą w kofeinę jej umiarkowane dawki (wynoszące 2,5 mg/kg) powodowały drżenie rąk, a przy dawce 5 mg/kg znacznie upośledzały zdolność używania pincety

[11]. Inne badanie wykazało, że spożycie 300 mg kofeiny spowodowało znaczny spadek sprawności motorycznej podczas badań neuropsychologicznych u młodych kobiet [12]. Wydaje się jednak, że skutki te mogą być częściowo złagodzone poprzez zwiększoną tolerancję kofeiny, ponieważ osoby jej wcześniej niestosujące wykazują wyraźniejsze pogorszenie zręczności w porównaniu z tymi, które regularnie spożywają napoje zawierające kofeinę [13].

Większość z badań nad wpływem kofeiny na parametry drżenia fizjologicznego przeprowadzono u osób wyczępionych. Aggarwal i wsp. ocenili wpływ kofeiny na osoby czasowo pozbawione snu [14]. W badaniach tych zastosowano kofeinę w dawkach 100-200 mg. Wykazano, że w sytuacji 24-godzinnego braku snu kofeina wpływała pozytywnie na czas reakcji w stosunku do stanu spoczynkowego, jednocześnie nie powodując zwiększenia liczby popełnianych błędów. Działanie kofeiny może być mniej wyraźne u osób wykazujących wobec niej większą tolerancję.

Bovim i wsp. skupili się na możliwym oddziaływaniu kofeiny na stabilność motoryczną w testach neuropsychologicznych, stwierdzając, że stabilność motoryczna znacznie częściej obniża się po kofeinie niż po placebo [12]. Autorzy doszli do wniosku, że należy unikać spożywania kofeiny przed neuropsychologicznymi testami stabilności ruchowej. Stabilność ręki badano również w badaniach rzeczywistych, oceniających wpływ kofeiny na drżenie ręki chirurga, gdzie drżenie to wzrosło o 31% po spożyciu kofeiny [13]. W badaniach wpływu kofeiny na różne parametry należy pamiętać jednak o tym, że trudno jest uzyskać dokładne informacje na temat spożycia kofeiny przez osoby badane, ponieważ może ona być obecna w wielu produktach, takich jak kakao, czekolada, napoje bezalkoholowe [15]. Choć w wielu badaniach stwierdzono obniżenie stabilności psychoruchowej, nieliczne brały pod uwagę skutki abstynencji z dnia na dzień, wpływające na miary stabilności i sprawności psychomotorycznej.



W przypadku spożycia alkoholu w umiarkowanych dawkach wykazano zmniejszenie amplitudy drżenia [16]. Jednak w silnych zatruciach alkoholowych, którym towarzyszą związane z nimi zaburzenia psychiczne, zaobserwowano znaczny wzrost amplitudy drżenia fizjologicznego [2]. Efekt ten może być także obserwowany u osób podczas stanu głodu narkotykowego. Wydaje się jednak, że taki efekt ma w znacznej mierze związek ze stresem i stanami lękowymi [17].

Niedobór snu

Niedobór snu polega na całkowitym braku snu przez określony czas lub na krótszym niż optymalny czasie snu. Stan ten może dotyczyć znacznej liczby osób, ponieważ brak snu wiąże się m.in. ze współczesnym stylem życia i trybem wykonywania pracy [18]. Zmiany w czasie snu w całym układzie okołodobowym, występujące na przykład podczas pracy zmianowej, okazują się niekorzystne [19]. U większości ludzi pozbawienie snu na jedną noc może powodować niewielki dyskomfort, który są w stanie wytrzymać. Jednak nawet już tylko jednodobowa bezsenność może wpłynąć na drżenie rąk, prowadząc do upośledzenia precyzji ruchów [20].

W literaturze przedmiotu niewiele jest pozycji opisujących bezpośredni wpływ braku snu na drżenie mięśniowe. Niemniej istnieją badania, podczas których próbowano ocenić wpływ braku snu na czynności wykonywane przez lekarzy, analizując czas reakcji, czujność lub procesy poznawcze, pomijając natomiast drżenie czy zręczność. Badania prowadzone za pomocą symulatora laparoskopowego w wirtualnej rzeczywistości (ang. Minimally Invasive Surgical Trainer – Virtual Reality Laparoscopic Symulator) w grupie chirurgów, którzy zostali pozbawieni snu, wykazały u nich wyższy odsetek błędów i wydłużenie czasu potrzebnego na wykonanie zadania [14].

Precyzja ruchów rąk i narzędzi uległa znacznemu pogorszeniu z powodu braku snu u rezydentów chirurgii [21]. Co ciekawe, występują badania wykonywane na symulatorze, które wykazały np. skrócenie czasu na wykonanie zadań i zmniejszenie liczby popełnianych błędów po pierwszej z kilku nocnych zmian [22]. Jednak pojawiają się także doniesienia, że wśród ginekologów umiarkowany brak snu nie wpłynął negatywnie na możliwości i umiejętności przeprowadzania dobrze im znanych zabiegów laparoskopowych [23].

Można przypuszczać, że zmęczenie wynikające z braku snu spowoduje wzrost napięcia mięśniowego, a w konsekwencji wzrost fizjologicznej amplitudy drżenia [18] i możliwe przesunięcie częstotliwości maksimów gęstości widmowej mocy drżenia [18]. Wykazano,

że długotrwała deprivacja snu, w połączeniu z wykonywaniem zadań wymagających stałego wysiłku fizycznego, powoduje długotrwałe zmiany amplitudy zmian drżenia o niskiej częstotliwości. Zjawisko to może znacząco wpływać na sprawność psychomotoryczną, pogarszając zdolność do wykonywania zadań wymagających precyzji ruchu [1].

Zmęczenie

W pracy związanej z wykonywaniem czynności manualnych, wymagających dużej precyzji (np. w pracy chirurga, pielęgniarki), istotną rolę odgrywa sprawność mechanizmów adaptacyjnych oraz odporność na zmęczenie. Zmęczenie mięśniowe to każde spowodowane wysiłkiem fizycznym zmniejszenie zdolności do rozwijania przez mięśnie siły lub mocy. Zmęczenie jest rozpatrywane jako superpozycja dwóch oddzielnych procesów. Pierwszy dotyczy zmian w samym mięśniu (np. gromadzenie produktu końcowego metabolizmu czy redukcja efektywności/wydajności przewodzenia nerwowo-mięśniowego) i jest definiowany jako zmęczenie obwodowe, natomiast drugi proces dotyczy struktur ośrodkowego układu nerwowego (np. spadek częstotliwości wyładowań motoneuronów) i jest rozumiany jako zmęczenie ośrodkowe [24]. Wśród rodzajów zmęczenia należy także pamiętać o występowaniu zmęczenia psychicznego, które powstaje z powodu przedłużających się okresów aktywności poznawczej i może charakteryzować się uczuciem „zmęczenia” i „zmniejszonej skłonności do wydatkowania energii” [25].

Wysiłek fizyczny może wpływać na wzrost amplitudy drżenia fizjologicznego, a wartości zmian amplitudy i częstotliwości drżenia zależą od czasu trwania wysiłku oraz jego rodzaju [26]. Badania wykazują, że zarówno trening siłowy [27], jak i wysiłek o wzrastającej intensywności [28] wpływają zmiennie na wzrost amplitudy drżenia fizjologicznego. W wyniku



zmęczenia w widmie sygnału EMG wzrastają przede wszystkim niskoczęstotliwościowe składowe o częstotliwości kilkunastu herców, przez co maleje średnia częstotliwość widma [29]. Uważa się, że zmiany amplitudy drżenia wywołane zmęczeniem wynikają z czasowego zaburzenia mechanizmów sterowania w układzie nerwowym [30].

Podsumowanie

W artykule opisano zagadnienia związane ze zjawiskiem fizjologicznego drżenia mięśniowego, głównie w kontekście wpływu na drżenie różnego rodzaju zmiennych zewnętrznych (tj. używek, zmęczenia, niedoboru snu). Sugeruje się, że amplituda drżenia jest silnie zróżnicowana międzyosobniczo, przy czym wiek i płeć mogą oddziaływać na drżenie fizjologiczne jako pośrednie determinanty.

Podsumowując analizę zagadnienia związanego z wpływem czynników zewnętrznych na drżenie fizjologiczne, należy stwierdzić, że długotrwały brak snu w połączeniu z wykonywaniem zadań wymagających stałego wysiłku fizycznego powoduje długotrwałe zmiany amplitudy zmian drżenia o niskiej częstotliwości. Może to znacząco wpływać na sprawność psychomotoryczną, pogarszając zdolność do wykonywania zadań wymagających precyzji ruchu. W przypadku wpływu kofeiny wyniki doniesień nie są jednoznaczne, jednak większość prac wskazuje brak wpływu bądź działanie neutralne na fizjologiczne drżenie mięśniowe. W silnych zatruciach alkoholowych, którym towarzyszą zaburzenia psychiczne, obserwuje się znaczny wzrost amplitudy drżenia fizjologicznego, który może być także obserwowany u osób podczas stanu głodu narkotykowego. Wydaje się jednak, że taki efekt ma w znacznej mierze związek ze stresem i stanami lękowymi. Sugeruje się także, że wysiłek fizyczny może wpływać na wzrost amplitudy drżenia fizjologicznego, a wartości zmian amplitudy i częstotliwości drżenia zależą od czasu trwania wysiłku oraz jego rodzaju. Należy pamiętać, że w przypadku wzmożonego drżenia mięśniowego może wystąpić ograniczenie zdolności motorycznych oraz osłabienie koordynacji wzrokowo-ruchowej, co może powodować obniżenie precyzji wykonywania czynności.

W artykule odniesiono się do wybranych czynników takich jak: używki, niedobór snu, zmęczenie, mogących mieć wpływ na parametry drżenia fizjologicznego. Czynniki te wybrano ze względu na ich powszechne występowanie w środowisku pracy. Bardzo ważnymi zagadnieniami są także korelacje np. leków z parametrami fizjologicznego drżenia mięśniowego oraz występowanie innych rodzajów drżenia (np. parkinsonowskie), mogących mieć znaczący wpływ na wykonywanie prac precyzyjnych, jednak na tych zagadnieniach należałoby się skupić w oddzielnym artykule.

BIBLIOGRAFIA

- [1] 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.
- [2] SMAGA, S. Tremor. *American Family Physician* 2003, 68.8: 1545-1552.
- [3] ELBLE, R. J. Tremor: clinical features, pathophysiology, and treatment. *Neurologic clinics* 2009, 27.3: 679.
- [4] GAJEWSKI, J. Wpływ wybranych form wysiłku fizycznego na posturalne drżenie fizjologiczne kończyny górnej człowieka. *Studia i Monografie AWF, Warszawa*, 2007.
- [5] VAN HILTEN, J. J., et al. Diurnal variation of essential and physiological tremor. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 1991, 54.6: 516-519.
- [6] RAETHJEN, J., et al. Determinants of physiologic tremor in a large normal population. *Clinical neurophysiology* 2000, 111.10: 1825-1837.
- [7] LOUIS, E. D., 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.
- [8] LOUIS, E. D., et al. 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.
- [9] ENDO, H., KAWAHARA, K. Gender differences in hand stability of normal young people assessed at low force levels. *Ergonomics* 2011, 54.3: 273-281.
- [10] SEMMLER, J. G., NORDSTROM, M. A. Motor unit discharge and force tremor in skill- and strength-trained individuals. *Experimental Brain Research* 1998, 119.1: 27-38.
- [11] JACOBSON, B. H., WINTER-ROBERTS, K., GEMMELL, H. A. Influence of caffeine on selected manual manipulation skills. *Perceptual and motor skills* 1991, 72.3_suppl: 1175-1181.
- [12] BOVIM, G., et al. Caffeine influence on the motor steadiness battery in neuropsychological tests. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 1995, 17.3: 472-476.
- [13] HUMAYUN, M. U., et al. Quantitative measurement of the effects of caffeine and propranolol on surgeon hand tremor. *Archives of ophthalmology* 1997, 11.3: 371-374.
- [14] AGGARWAL, R., et al. Effect of caffeine and taurine on simulated laparoscopy performed following sleep deprivation. *British Journal of Surgery* 2011, 98.11: 1666-1672.
- [15] TANDA, G., GOLDBERG, S. R. Alteration of the behavioral effects of nicotine by chronic caffeine exposure. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 2000, 66.1: 47-64.
- [16] ITAKURA, N., SAKAMOTO, K. The influence of drinking on physiological tremor and reaction time. *The Annals of Physiological Anthropology* 1994, 13.3: 99-105.
- [17] MILANOV, I., TOTEVA, S., GEORGIEV, D. Alcohol withdrawal tremor. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 1996, 36: 15-20.
- [18] ORZEŁ-GRYGLEWSKA, J. Consequences of sleep deprivation. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2010, 23.1: 95-114.
- [19] TAMAGAWA, R., LOBB, B., BOOTH, R. Tolerance of shift work. *Applied Ergonomics* 2007, 38.5: 635-642.
- [20] COREN, S. Sleep deprivation, psychosis and mental efficiency. *Psychiatric Times*, 1998, 15.3: 1-3.
- [21] KAHOL, K., et al. Effect of fatigue on psychomotor and cognitive skills. *The American Journal of Surgery* 2008, 195.2: 195-204.
- [22] LEFF, D. R., et al. Laparoscopic skills suffer on the first shift of sequential night shifts: program directors beware and residents prepare. *Annals of Surgery* 2008, 247.3: 530-539.
- [23] VEDDENG, A., et al. Impact of night shifts on laparoscopic skills and cognitive function among gynecologists. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica* 2014, 93.12: 1255-1261.
- [24] FROYD, Ch., MILLET, G. Y., NOAKES, T. D. The development of peripheral fatigue and short-term recovery during self-paced high-intensity exercise. *The Journal of Physiology* 2013, 591.5: 1339-1346.
- [25] BOKSEM, M., TOPS, M. Mental fatigue: costs and benefits. *Brain research reviews* 2008, 59.1: 125-139.
- [26] GAJEWSKI, J., WIT, A., HÜBNER-WOŹNIAK, E. Effect of strength exercises on changes in tremor and hormonal response. *Phys. Edu. Sport* 2002, 46: 551-552.
- [27] HUNTER, S. K., et al. Fatigability of the elbow flexor muscles for a sustained submaximal contraction is similar in men and women matched for strength. *Journal of Applied Physiology* 2004, 96.1: 195-202.
- [28] GAJEWSKI, J. Fatigue-induced changes in tremor caused by physical efforts of different volume and intensity. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* 2006, 8.2: 103.
- [29] CRESSWELL, A. G., LÖSCHER, W. N. Significance of peripheral afferent input to the α -motoneuron pool for enhancement of tremor during an isometric fatiguing contraction. *European Journal of Applied Physiology* 2000, 82.1-2: 129-136.
- [30] FURNESS, P., JESSOP, J., LIPPOLD, O. C. Long-lasting increases in the tremor of human hand muscles following brief, strong effort. *The Journal of Physiology* 1977, 265.3: 821-831.

Publikacja opracowana na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2020-2022 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.