



Ograniczenie sprawności w zakresie wybranych parametrów biomechanicznych i sensorycznych u pracowników 50+

Wstępna analiza badań własnych

dr Tomasz Tokarski^a (ORCID: 0000-0003-3572-6939)

prof. dr hab. inż. Krzysztof Kędzior^b (ORCID: 0000-0002-0411-9039)



Wraz z wiekiem pracownika zmienia się wiele parametrów mających wpływ na jego warunki pracy, w tym m.in. parametry biomechaniczne, takie jak siła czy równowaga, oraz parametry sensoryczne, takie jak wzrok i słuch. U pracowników w wieku 50+ te zmiany zaczynają być zauważalne. Badania w grupie 110 osób ($54,5 \pm 4$ lata), przeprowadzone przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB), wykazały, że wielkość tych zmian w przypadku osób od 50. do 65. roku życia ma znaczenie dla bezpieczeństwa pracy i ergonomii.

Słowa kluczowe: siła mięśniowa, równowaga, ostrość widzenia, próg słyszenia, 50+

Reduced performance in selected biomechanical and sensory parameters among employees aged 50+. Preliminary analysis of own research

Many parameters that affect working conditions change with age of employee, including biomechanical parameters such as strength and balance, as well as sensory parameters such as vision and hearing. Changes in these parameters in employees aged 50+ are beginning to be noticeable. on a group of 110 people (54.5 ± 4 years old), conducted by the Central Institute for Labor Protection – National Research Institute (CIOP-PIB), showed that the size of these changes in the case of people aged 50 to 65 is important for work safety and ergonomics.

Keywords: muscle strength, balance, visual acuity, hearing threshold, 50+

^a Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, kontakt: tomto@ciop.pl.

^b Emerytowany profesor zwyczajny Politechniki Warszawskiej.

Wstęp

Optymalnie zaprojektowane stanowisko pracy musi być dostosowane pod względem wymiarów do możliwości pracownika, w tym jego parametrów antropometrycznych [1]. Jednak u osób pracujących wraz z upływem lat zmieniają się zarówno parametry antropometryczne [2, 3], jak i inne parametry mające wpływ na bezpieczeństwo pracy i ergonomię, w tym m.in. parametry biomechaniczne (np. siła [4] czy równowaga) i sensoryczne (np. wzrok [5, 6] i słuch [7–9]).

Celem artykułu jest określenie ograniczenia sprawności ocenianej na podstawie zmiany wybranych parametrów biomechanicznych i sensorycznych, wpływających na ergonomię i bezpieczeństwo pracy osób w wieku 50+. Zmiany tych parametrów mierzono w ramach badań ciągłych, przeprowadzonych w odstępie dwóch lat.

Zmiany parametrów sprawnościowych u osób w wieku 50+

Jedną z najważniejszych cech układu mięśniowo-szkieletowego, mającą wpływ na jego obciążenie podczas wykonywania pracy zawodowej, jest siła mięśni. Najczęściej stosowanym testem do jej badania jest pomiar siły chwytu ręki [10], która – jak wynika z poprzednich badań – zależy od płci i zmienia się wraz z wiekiem [2]. Jednak w okresie aktywności zawodowej siła mięśni rąk zmienia się nieznacznie [4]. O wiele bardziej zmienia się siła mięśni kończyn dolnych i tułowia [4], a uzyskanie odpowiednich wartości siły nacisku na pedał oraz siły pchania i ciągnięcia dźwigni jest niezbędne do wykonywania wielu czynności pracy. Niezależnie od typu używanej siły praca powinna być dostosowana do możliwości siłowych pracownika [3].

Podobnie jak siła mięśni wraz z wiekiem pogarsza się również zdolność utrzymania równowagi (w tym podczas chodzenia), która jednak w pewnym zakresie może być trenowana [11]. Utrzymanie równowagi ciała, w tym kontroli postawy ciała, zależy zarówno od narządu wzroku [12], jak i czucia głębokiego, jednak nie pozostaje bez związku z dolegliwościami i chorobami pracownika [13], a także z masą ciała [14]. Zdolność utrzymania równowagi ma istotny wpływ na sprawność organizmu człowieka.

U osób po 50. roku życia mogą wystąpić różne zaburzenia funkcjonowania narządu wzroku [15–20], skutkujące pogorszeniem widzenia [5, 6]. Koordynacja

sensoryczno-ruchowa stanowi jeden z kluczowych elementów związanych ze sprawnością organizmu człowieka i możliwością wykonywania pracy zawodowej [21]. Zaburzenia narządu wzroku powodują ograniczenie zdolności utrzymania równowagi i mogą być przyczyną upadków podczas chodzenia [22], a w konsekwencji wpływać na bezpieczeństwo wykonywania pracy zawodowej. Poprawę zdolności widzenia można uzyskać np. poprzez stosowanie kropli do oczu [23], farmakologię pod kontrolą lekarza czy zabiegi chirurgiczne [24].

Ponadto u osób w wieku 50+ można zauważyć pogorszenie funkcjonowania narządu słuchu [7–9]. Ograniczenie to może być związane z wiekiem lub pojawiać się nagle [25, 26] i – podobnie jak w przypadku ograniczenia funkcjonowania narządu wzroku – mieć źródło w innych schorzeniach [27, 28] i wymagać leczenia zachowawczego [29], leczenia specjalistycznego [30] lub zabiegu chirurgicznego [31]. Zaburzenia słuchu mają negatywny wpływ na bezpieczeństwo podczas wykonywania pracy zawodowej, w tym na odbiór sygnałów ostrzegawczych [32]. Trzeba też pamiętać, że narząd słuchu jest ściśle powiązany ze zmysłem równowagi [33, 34].

Metodyka pomiaru parametrów biomechanicznych

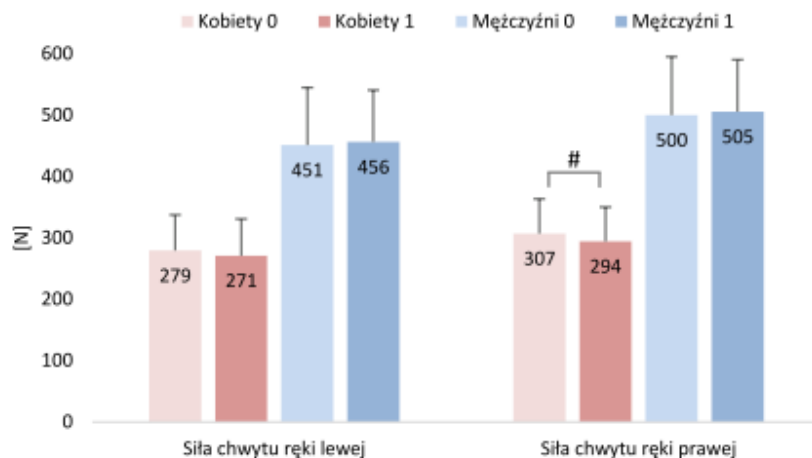
Wykonywanie czynności podczas pracy najczęściej odbywa się za pomocą kończyn górnych, a znacznie rzadziej – za pomocą kończyn dolnych. W pierwszym przypadku możliwości siłowe pracownika określa się zazwyczaj na podstawie wartości siły chwytu ręki, a w drugim – np. z użyciem pedałów. Pomiar siły mięśni przeprowadzono w warunkach statycznych w zakresie siły chwytu prawej i lewej ręki oraz siły na dźwigni (pchanie, ciągnięcie) i na pedale. Pomiar siły na dźwigni i na pedale wykonano dla prawej kończyny górnej i dolnej. W badaniach wykorzystano dynamometr ręczny DR3 oraz stanowisko do pomiaru siły na dźwigni i pedale PR1. Pomiary siły chwytu ręki wykonano w pozycji stojącej ze zgięciem przedramienia w stawie łokciowym, wynoszącym 90°. Pomiary siły na dźwigni i na pedale

wykonano natomiast w pozycji siedzącej wyprostowanej, z podparciem pleców oraz stabilizacją pasem biodrowym. Zadaniem uczestnika badań było użycie maksymalnej siły podczas dwóch pomiarów z krótką przerwą pomiędzy pomiarami.

Pomiary równowagi ciała przeprowadzono na platformie balansowej, która umożliwia rejestrację rzutu środka ciężkości ciała na płaszczyznę podstawy podczas testów zarówno w warunkach statycznych, jak i w warunkach dynamicznych (fot.). Zastosowano Zmodyfikowany Kliniczny Test Integracji Sensorycznej i Równowagi (mCTSiB), który jest standaryzowanym testem do oceny równowagi. Uczestnik badania musiał wykonać czterokrotnie próbę polegającą na utrzymaniu przez 30 sekund nieruchomej pozycji stojącej wyprostowanej, z ramionami opuszczonymi wzdłuż ciała. Jako ocenę zdolności



Fot. Badanie na platformie balansowej (fot. Tomasz Tokarski)
Photo. Testing on the balance platform (photo: Tomasz Tokarski)



Rys. 1. Średnie ($\pm$ SD) wartości siły chwytu lewej i prawej ręki badanych osób z podziałem na płeć („0” – badanie zerowe, „1” – badanie pierwsze, $n = 110$)
 Fig. 1. Mean ($\pm$ SD) values of hand grip strength of left and right hand in the study participants divided into gender („0” – zero test, „1” – first test, $n = 110$)

utrzymania równowagi przyjęto łączną ocenę z czterech prób.

Metodyka pomiaru parametrów sensorycznych

W ramach oceny sprawności narządu wzroku przeprowadzono badania ostrości wzroku z zastosowaniem papierowych tablic optometrycznych Snellena. Badanie polegało na rozpoznaniu – bez okularów – znaku (litera lub cyfra) z wyznaczonej odległości.

Oceny sprawności narządu słuchu dokonano na podstawie badania progu słyszenia (będącego elementem oceny stanu słuchu danej osoby), które przeprowadzono w pomieszczeniu zapewniającym osiągnięcie odpowiednio niskiego poziomu hałasu tła. Badanie polegało

na tym, że uczestnik sygnalizował – przez naciśnięcie przycisku reakcji – usłyszenie sygnału testowego odtwarzanego przez słuchawki. Sygnałem testowym były tony o wybranych wartościach częstotliwości z zakresu od 125 Hz do 8000 Hz. Badanie przeprowadzono oddzielnie dla lewego i prawego ucha – zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO 8253-1:2011 [35] i instrukcją obsługi wykorzystanego audiometru AD629, spełniającego wymagania normy PN-EN 60645-1 [36].

Charakterystyka badanej grupy

Badania przeprowadzono na grupie 110 osób pracujących zawodowo, w wieku $54,5 \pm 4$ lata, reprezentowanej przez kobiety ($n = 67$, $54,2 \pm 4,2$ lata, wysokość ciała: $164,1 \pm 5,7$ cm, masa ciała:

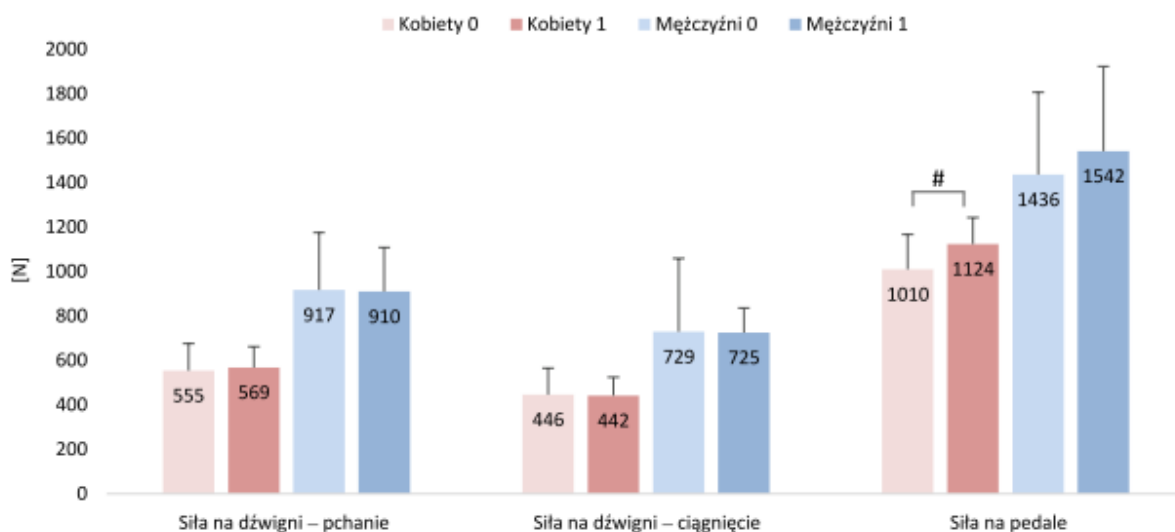
$70,2 \pm 11,9$ kg) oraz przez mężczyzn ($n = 43$, $54,8 \pm 3,7$ lata, wysokość ciała: $177,4 \pm 6,2$ cm, masa ciała: $92,3 \pm 13,7$ kg). W badaniach uczestniczyły osoby zdrowe, bez oznak niepełnosprawności. W okresach pomiędzy poszczególnymi badaniami u uczestników nie odnotowano zdarzeń mogących mieć wpływ na wyniki badań parametrów biomechanicznych i sensorycznych. Uczestnicy nie zgłaszali też żadnych urazów ani chorób potencjalnie wpływających na wyniki badań. Badania przeprowadzono dwukrotnie, jako badania podłużne, w odstępie dwóch lat, w okresie od października 2020 r. do listopada 2023 r.

Statystyczna analiza wyników badań

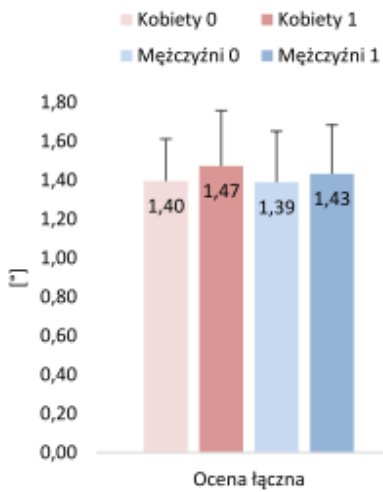
W celu weryfikacji normalności rozkładu danych pomiarowych zastosowano test normalności Shapiro-Wilka. Ponieważ większość danych pomiarowych nie miała rozkładu normalnego, do porównania wyników badania zerowego z badaniem pierwszym zastosowano nieparametryczny test kolejności par Wilcoxon dla prób zależnych. Na wykresach (rys. 1–5) wyniki badań różniące się statystycznie istotnie zaznaczono symbolami „*” (w przypadku różnic istotnych statystycznie na poziomie $p < 0,05$) oraz „#” (w przypadku różnic istotnych statystycznie na poziomie $p < 0,01$).

Ograniczenie sprawności

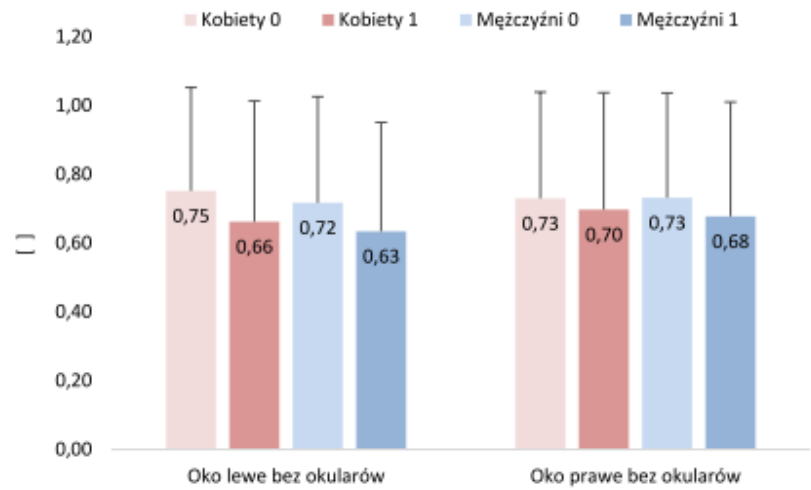
W zakresie siły mięśniowej u kobiet zaobserwowano zmniejszenie maksymalnej



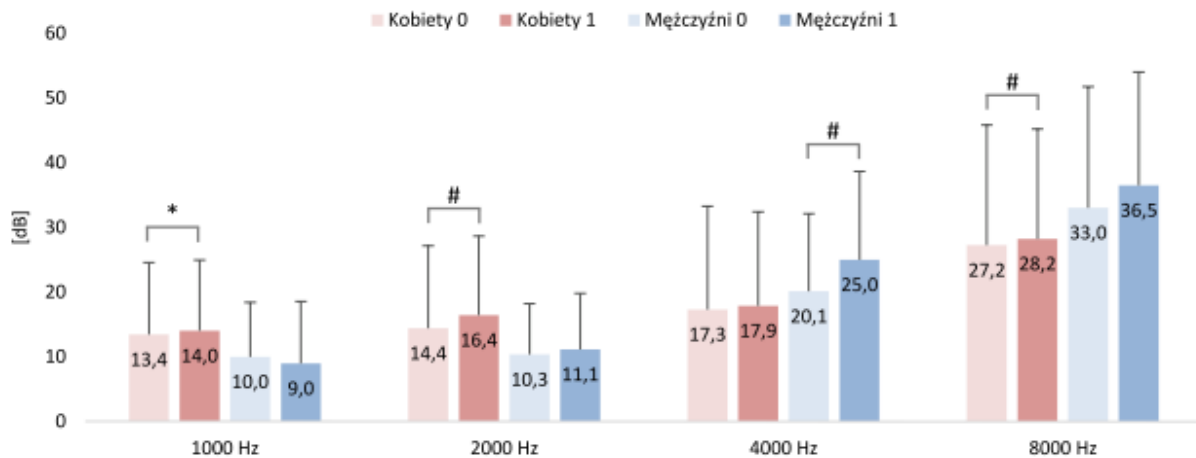
Rys. 2. Średnie ($\pm$ SD) wartości siły na dźwigni i siły na pedale u badanych osób z podziałem na płeć („0” – badanie zerowe, „1” – badanie pierwsze, $n = 110$)
 Fig. 2. Mean ($\pm$ SD) values of lever force and pedal force in the study participants divided into genders („0” – zero test, „1” – first test, $n = 110$)



Rys. 3. Średnie ($\pm$ SD) wartości zdolności utrzymania równowagi z podziałem na płeć (wartość kąta odchylenia środka ciężkości od osi ciała [°] – mniejsza wartość oznacza lepszy wynik; „0” – badanie zerowe, „1” – badanie pierwsze; $n = 110$)
Fig. 3. Mean ($\pm$ SD) values of balance ability by gender (angle of deviation of the center of gravity from the body axis [°] – lower value indicates better result; „0” – zero test, „1” – first test; $n = 110$)



Rys. 4. Średnie ($\pm$ SD) ocena ostrości wzroku osoby badanej bez okularów z podziałem na płeć („0” – badanie zerowe, „1” – badanie pierwsze; prawidłowa ostrość wzroku – 1,00; osłabienie ostrości wzroku – wartości < 1,00, większa wartość oznacza lepszy wynik; $n = 110$)
Fig. 4. Mean ($\pm$ SD) assessment of visual acuity of the examined person without glasses divided into gender („0” – zero test, „1” – first test; normal visual acuity 1,00; decreased visual acuity values < 1,00; a higher value indicates a better result; $n = 110$)



Rys. 5. Średnie ($\pm$ SD) wartości progu słyszenia w zakresie częstotliwości od 1000 Hz do 8000 Hz prawego ucha osób badanych z podziałem na płeć („0” – badanie zerowe, „1” – badanie pierwsze; mniejsza wartość oznacza lepszy wynik; $n = 110$)
Fig. 5. Mean ($\pm$ SD) hearing threshold values in the frequency range from 1000 Hz to 8000 Hz in the right ear of the subjects, divided into genders („0” – zero test, „1” – first test; lower value indicates better result; $n = 110$)

siły chwytu ręki lewej i prawej (o 3–4,1%, rys. 1), natomiast u mężczyzn – nieznaczny wzrost wartości tej siły (o 3,1–4,4%). W badaniu siły na dźwigni (pchanie i ciągnięcie prawą kończyną górną) oraz siły na pedale (lewą kończyną dolną) uzyskano niejednoznaczne wyniki (rys. 2): zaobserwowano nieznaczne zwiększenie siły na pedale zarówno w przypadku kobiet, jak i mężczyzn. Zmniejszenie siły chwytu prawej i lewej ręki zaobserwowano u 53,7–68,7% kobiet i 41,9–44,2% mężczyzn. Z kolei zmniejszenie siły na dźwigni i na pedale (prawej strony ciała) zaobserwowano u 34,3–54% kobiet oraz u 39,5–51,2% mężczyzn.

Jeśli chodzi o zdolności utrzymania równowagi, to zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn pogarsza się ona wraz z wiekiem, o czym świadczy rosnąca wartość

kąta odchylenia środka ciężkości ciała od osi pionowej (rys. 3). W badanej grupie zaobserwowano, że średnia wartość tego parametru zmienia się od ok. 3% w przypadku mężczyzn do ok. 5% w przypadku kobiet. Zmniejszenie zdolności utrzymania równowagi zaobserwowano u 61,2% kobiet i 60,5% mężczyzn.

W badaniach ostrości wzroku bez okularów zaobserwowano pogorszenie uzyskanych wartości (rys. 4) zarówno u kobiet (o 6,3%), jak i u mężczyzn (o 4,7%). W przypadku 24,5–34,6% kobiet i 22,9–45,7% mężczyzn potwierdzono pogorszenie ostrości wzroku lewego i prawego oka. Również w zakresie progu słyszenia w obu grupach odnotowano pogorszenie zdolności słyszenia lewego i prawego ucha (rys. 5) – o 10,2–23,8% u mężczyzn i o 2,1–12,3% u kobiet

– w przedziale częstotliwości od średnich (1000 Hz) do wyższych (8000 Hz). Wyraźne obniżenie progu słyszenia lewego i prawego ucha nastąpiło u 37,5–59,1% kobiet oraz 41,2–58,5% mężczyzn.

Podsumowanie

Porównanie wyników badań, przeprowadzonych w odstępie dwóch lat i dotyczących wybranych parametrów biomechanicznych i sensorycznych osób w wieku 50+, wskazuje na ograniczenie sprawności w tym zakresie – najmniejsze w przypadku siły mięśniowej (siły chwytu ręki – o 3–4%), a największe w przypadku parametrów sensorycznych (progu słyszenia – o 2,1–23,8%). Zarówno parametry biomechaniczne, jak i sensoryczne

mają wpływ na bezpieczeństwo pracy. Ich zmiany – odnotowane w badaniach podłużnych przeprowadzonych w odstępie dwóch lat na grupie osób w wieku od 50 do 65 lat – wyniosły od kilku do nawet kilkunastu procent. To wskazuje, że w ciągu 15 lat od ukończenia 50. roku życia, wraz ze zbliżaniem się do osiągnięcia wieku emerytalnego, u pracowników może następować znaczne ograniczenie sprawności w zakresie parametrów biomechanicznych i sensorycznych. Konsekwencją tego może być natomiast pogorszenie stanu bezpieczeństwa i narażenie pracowników na urazy lub wypadki przy pracy. W przypadku osób w wieku 50–65 lat istotne jest zatem odpowiednie dostosowanie stanowisk pracy, z uwzględnieniem zmian parametrów biomechanicznych i sensorycznych tej grupy wiekowej. Obecnie w CIOP-PIB trwają badania, które stanowią kontynuację rozpoczętych przed pięcioma laty badań podłużnych i pozwolą na dokładniejszą ocenę zmian wybranych parametrów biomechanicznych i sensorycznych pracowników 50+.

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Projekt nr MPN.03 pt. „Wpływ sytuacji zawodowej i stylu życia na zdrowie oraz parametry antropometryczne, biomechaniczne, sensoryczne i zasoby psychologiczne pracowników 50+ pod kątem zachowania zdolności do pracy i właściwej organizacji warunków pracy”. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

BIBLIOGRAFIA

[1] Barros R.Q., Marçal M.A., Soares M.M., *Ergonomic Analysis of the Job of Assembly and Maintenance in an Electronic Equipment Company*, „Procedia Manufacturing”, 2015, 3: 6542–6549; doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.953.

[2] Rostamzadeh S., Saremi M., Bradtmiller B., *Age, gender and side-stratified grip strength norms and related socio-demographic factors for 20–80 years Iranian healthy population: Comparison with consolidated and international norms*, „International Journal of Industrial Ergonomics”, 2020, 80: 103003; doi: 10.1016/j.ergon.2020.103003.

[3] Janny B., Maier T., *Optimization of Hand-operated Human-machine Interfaces for the Elderly through Internal Grip Force Measurement*, „Procedia Manufacturing”, 2015, 3: 5366–5372; doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.649.

[4] Tokarski T., Roman-Liu D., Kamińska J., *The influence of age and type of force on muscle strength capabilities in women*, „International Journal of Occupational Safety and Ergonomics”, 2012, 18(1): 47–57; doi: 10.1080/10803548.2012.11076914.

[5] Laroche D., Capellan P., *The Aging Lens and Glaucoma in persons over 50: Why early cataract surgery/refractive lensectomy and microinvasive trabecular bypass can prevent blindness and cure elevated eye pressure*, „Journal of the National Medical Association”, 2021, 113(4): 471–473; doi: 10.1016/j.jnma.2021.03.001.

[6] Jiahui Chen et al., *Prevalence and causes of vision impairment in elderly Chinese people living in suburban Shanghai*, „Asia-Pacific Journal of Ophthalmology”, 2024, 13(1): 100002; doi: 10.1016/j.apjo.2023.100002.

[7] Lee G.J.C., *Hearing loss among the elderly*, [in:] C.R. Martin, V.R. Preedy, Rajkumar Rajendram [eds.], *Assessments, Treatments and Modeling in Aging and Neurological Disease: The Neuroscience of Aging*, 2021, s. 173–182, doi: 10.1016/B978-0-12-818000-6.00016-0.

[8] Bradley R., *Ear Assessment for Adults and the Elderly*, „The Journal for Nurse Practitioners”, 2007, 3(3): 192–193; doi: 10.1016/j.nurpra.2007.01.021.

[9] Sogebi O.A., *Middle ear impedance studies in elderly patients implications on age-related hearing loss*, „Brazilian Journal of Otorhinolaryngology”, 2015, 81(2): 133–140; doi: 10.1016/j.bjorl.2014.09.007.

[10] Bohannon R.W., Schaubert K.L., *Test–Retest Reliability of Grip-strength Measures Obtained over a 12-week Interval from Community-dwelling Elders*, „Journal of Hand Therapy”, 2005, 18(4): 426–428; doi: 10.1197/j.jht.2005.07.003.

[11] Szerdióv L. et al., *Evaluation of Seniors Gait Training with Mechatronic Device*, „Procedia Engineering”, 2014, 96: 444–453; doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.114.

[12] Matheron E. et al., *Active ocular vergence improves postural control in elderly as close viewing distance with or without a single cognitive task*, „Neuroscience Letters” 2016, 610: 24–29; doi: 10.1016/j.neulet.2015.10.065.

[13] Błaszczyk J.W., Orawiec R., *Assessment of postural control in patients with Parkinson's disease: Savoy ratio analysis*, „Human Movement Science”, 2011, 30(2): 396–404; doi: 10.1016/j.humov.2010.07.017.

[14] Anacleto Filho P.C. et al., *Establishing an anthropometric database: A case for the Portuguese working population*, „International Journal of Industrial Ergonomics”, 2023, 97: 103473; doi: 10.1016/j.ergon.2023.103473.

[15] Li H. et al., *Abnormal eye movements in Parkinson's disease: From experimental study to clinical application*, „Parkinsonism & Related Disorders”, 2023, 115: 105791; doi: 10.1016/j.parkreldis.2023.105791.

[16] Ferrero A. et al., *Dry eye disease in the elderly in a French population-based study (the Montrachet study: Maculopathy, Optic Nerve, nItrition, neuroAsCular and HEarT diseases): Prevalence and associated factors*, „The Ocular Surface”, 2018, 16(1): 112–119; doi: 10.1016/j.jtos.2017.09.008.

[17] Erke M.G. et al., *Prevalence of Age-related Macular Degeneration in Elderly Caucasians: The Tromsø Eye Study*, „Ophthalmology”, 2012, 119(9): 1737–1743; doi: 10.1016/j.ophtha.2012.03.016.

[18] Kamel H.K., Guro-Razuman S., Shareeff M., *Frequency of Ophthalmic Assessments among Elderly Whites and African Americans with Eye Disease and Impact on Visual Function*, „The American Journal of the Medical Sciences” 2001, 322(2): 71–74; doi: 10.1097/00000441-200108000-00004.

[19] Ju Y.E.S., *Rapid eye movement sleep behavior disorder in adults younger than 50 years of age*, „Sleep Medicine”, 2013, 14(8): 768–774; doi: 10.1016/j.sleep.2012.09.026.

[20] Ficca G. et al., *The organization of rapid eye movement activity during rapid eye movement sleep is impaired in the elderly*, „Neuroscience Letters”, 1999, 275(3): 219–221; doi: 10.1016/S0304-3940(99)00765-X.

[21] Pei Y.C. et al., *Eye-hand Coordination of Elderly People Who Practice Tai Chi Chuan*, „Journal of the Formosan Medical Association”, 2008, 107(2): 103–110; doi: 10.1016/S0929-6646(08)60123-0.

[22] Kuang T.M. et al., *Visual Impairment and Falls in the Elderly: The Shihpai Eye Study*, „Journal of the Chinese Medical Association”, 2008, 71(9): 467–472; doi: 10.1016/S1726-4901(08)70150-3.

[23] Colomé-Campos J. et al., *Objective evaluation of applying eye drops by elderly patients*, „Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología” [English Edition], 2014, 89(5): 177–181; doi: 10.1016/j.of tale.2014.07.009.

[24] Kubitz J.C., Motsch J., *Eye surgery in the elderly*, „Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology”, 2003, 17(2): 245–257; doi: 10.1016/S1521-6896(03)00006-5.

[25] Zhang Z. et al., *The construction and validation of prognostic prediction model for sudden sensorineural hearing loss in middle-aged and elderly people*, „Auris Nasus Larynx”, 2024, 51(2): 276–285; doi: 10.1016/j.anl.2023.10.001.

[26] Chen S.L. et al., *Prognostic factors in elderly patients after an intra-tympanic steroid injection for idiopathic sudden sensorineural hearing loss*, „American Journal of Otolaryngology”, 2022, 43(5): 103528; doi: 10.1016/j.amjoto.2022.103528.

[27] Gedawy A., Al-Salami H., Dass C.R., *Diabetes-induced cellular changes in the inner ear*, „Diabetes Epidemiology and Management”, 2024, 13: 100183; doi: 10.1016/j.deman.2023.100183.

[28] Abouzari M. et al., *Migrainous Vertigo, Tinnitus, and Ear Symptoms and Alternatives*, „Otolaryngologic Clinics of North America”, 2022, 55(5): 1017–1033; doi: 10.1016/j.otc.2022.06.017.

[29] Oron Y. et al., *Cerumen removal: Comparison of cerumenolytic agents and effect on cognition among the elderly*, „Archives of Gerontology and Geriatrics”, 2011, 52(2): 228–232; doi: 10.1016/j.archger.2010.03.025.

[30] Szeto B., Valentini C., Lalwani A.K., *Low vitamin D status is associated with hearing loss in the elderly: a cross-sectional study*, „The American Journal of Clinical Nutrition”, 2021, 113(2): 456–466; doi: 10.1093/ajcn/nqaa310.

[31] Young A. et al., *Long-term cognition and speech recognition outcomes after cochlear implantation in the elderly*, „American Journal of Otolaryngology”, 2024, 45(1): 104071; doi: 10.1016/j.amjoto.2023.104071.

[32] Wen M., Ma H., Wang C., *Effect of spectral parameters on the elderly's urgency perception of auditory warning signals*, „Applied Acoustics”, 2022, 195: 108850; doi: 10.1016/j.apacoust.2022.108850.

[33] Shen X. et al., *Association between severe preoperative hearing impairment and postoperative emergence agitation among elderly patients undergoing middle ear surgery*, „Journal of Clinical Anesthesia”, 2023, 91: 111254; doi: 10.1016/j.jclinane.2023.111254.

[34] Manrique M.J. et al., *Presbycusis and balance disorders in the elderly. Bibliographical review of ethiopathogenic aspects, consequences on quality of life and positive effects of its treatment*, „Acta Otorrinolaringologica” [English Edition], 2023, 74(2): 124–132; doi: 10.1016/j.otoeng.2023.03.002.

[35] PN-EN ISO 8253-1: 2011. Akustyka. Metody badań audiometrycznych. Część 1: Audiometria tonowa dla przewodnictwa powietrznego i kostnego.

[36] PN-EN 60645-1: 2017. Elektroakustyka. Urządzenia audiometryczne. Część 1: Urządzenia do audiometrii tonowej i audiometrii słownej.