

Teresa Makowiec-Dąbrowska

Alicja Bortkiewicz

Jadwiga Siedlecka

Elżbieta Gadzicka

WPŁYW ZMĘCZENIA NA ZDOLNOŚĆ PROWADZENIA POJAZDÓW

EFFECT OF FATIGUE ON THE FITNESS TO DRIVE

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź

Zakład Fizjologii Pracy i Ergonomii

STRESZCZENIE

W materiałach Departamentu Transportu USA w 1995 roku znalazło się stwierdzenie, że zmęczenie kierowcy jest najważniejszym problemem w drogowym transporcie zawodowym, a prowadzenie pojazdu mimo zmęczenia może zagrażać bezpieczeństwu publicznemu. Z tego względu badania przyczyn i konsekwencji zmęczenia u kierowców mają istotne znaczenie praktyczne. W pracy omówione zostały definicje zmęczenia i klasyfikacja zmęczenia ze względu na miejsce występowania zmian czynnościowych (zmęczenie fizyczne, psychiczne, ogólne i miejscowe — zmęczenie mięśniowe, zmęczenie narządu wzroku, narządu słuchu) oraz na jego intensywność i czas trwania (zmęczenie ostre, podostre, przewlekłe i znużenie). Szczególną uwagę poświęcono czynnikom, które decydują o zmęczeniu kierowców. Można je podzielić na dwie grupy: 1) czynniki związane ze snem/sennością (sleep-related — SR), czyli skumulowany deficyt snu, długi czas czuwania i pora doby; 2) czynniki związane z wykonywaniem zadania, czyli z prowadzeniem samochodu oraz z czasem pracy (task-related — TR). Z analizy badań dotyczących wpływu zmęczenia na sposób prowadzenia pojazdu (zwolnione reakcje, obniżona czujność, utrudnione przetwarzanie informacji, zaburzona pamięć krótkotrwała) wynika, że ryzyko wypadku związanego z sennością lub zmęczeniem w godzinach między północą a 6:00 jest sześciokrotnie wyższe niż w pozostałej części doby, a szczyt ryzyka przypada na godziny 2:00–3:00. Głównym skutkiem zmęczenia u kierowcy jest stopniowe odwracanie uwagi od drogi i ruchu drogowego, co prowadzi do pogorszenia jakości kierowania pojazdem. Z tego względu skutki zmęczenia kierowcy porównywane są do konsekwencji spożycia alkoholu. Omówiono również sposoby sygnalizowania i ograniczania zmęczenia kierowców oraz metody zapobiegania zmęczeniu. Med. Pr. 2011;62(3):281–290

Słowa kluczowe: przyczyny wypadków drogowych, zmęczenie związane z sennością, zmęczenie związane z prowadzeniem pojazdu, senność, pamięć krótkotrwała

ABSTRACT

The 1995 U.S. Department of Transportation files contain a statement that driver fatigue has been a major problem among road vehicle professional drivers, while the consequences of participation in public road traffic of drivers affected by fatigue represent a serious threat to the public safety. Therefore, studies on the causes and consequences of fatigue in drivers are of significant practical value. The authors of this work discuss definitions of fatigue and fatigue classifications relative to the location of the functional changes (physical and mental fatigue, general and local — muscular, ocular, auditory) and relative to intensity (acute, sub-acute, chronic fatigue and weariness), and duration. Particular attention has been paid to the factors contributing to fatigue in drivers. These may be classified into two groups: 1. sleep-related (SR), i.e. cumulative sleep deficit, long wake time, and time of the day; 2. task-related (TR), i.e. factors related with vehicle driving and working (driving) time. Studies on the effect of fatigue on driving performance (longer reaction time, poorer vigilance, slower information processing, impaired recent memory) have been analyzed. The major effect of driver fatigue is that he/she becomes gradually diverted from the road and road traffic, with the resultant poorer driving performance. Thus, the effects of fatigue in a driver are comparable to those after alcohol intake. This paper also discusses the methods used to counteract and prevent fatigue. Med Pr 2011;62(3):281–290

Key words: reasons of road accidents, sleep-related fatigue, task-related fatigue, sleepiness, working memory

Adres 2. autorki: Zakład Fizjologii Pracy i Ergonomii, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera

ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: alab@imp.lodz.pl

Nadesłano: 18 kwietnia 2011

Zatwierdzono: 26 kwietnia 2011

Praca została wykonana w ramach projektu „Zintegrowany system monitorowania stanu psychofizycznego kierujących pojazdami w celu minimalizacji zagrożeń w ruchu drogowym” w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet I. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.3. Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe, Poddziałanie 1.3.1. Projekty rozwojowe. Numer projektu: 01.03.01-10-085/09. Kierownik: dr hab. med. Alicja Bortkiewicz.



W materiałach Departamentu Transportu USA w 1995 roku znalazło się stwierdzenie, że zmęczenie kierowcy jest najważniejszym problemem w drogowym transporcie zawodowym. Z tego względu właśnie w tej grupie zawodowej zapobieganie zmęczeniu powinno być przedmiotem szczególnej uwagi. Wiedza na temat przyczyn zmęczenia, zapobiegania zmęczeniu, umiejętności radzenia sobie z jego objawami oraz zasad racjonalnego wypoczynku powinna być szeroko rozpowszechniana wśród kierowców, ponieważ konsekwencje związane z prowadzeniem pojazdu mimo zmęczenia mogą być groźne nie tylko dla samych kierowców, ale i dla innych użytkowników dróg, a tym samym dotyczą bezpieczeństwa publicznego.

DEFINICJA I KLASYFIKACJA ZMĘCZENIA

We współczesnej literaturze naukowej nie ma jednolitej definicji zmęczenia. Muscio, jeden z pierwszych fizjologów zajmujących się zmęceniem, uważał nawet, że nie jest możliwe jej stworzenie, a próby w tym kierunku określił jako zmaganie się z nierozwiązywalną zagadką. Jego zdaniem drogą do zdefiniowania zjawiska (np. zmęczenia) powinien być jego pomiar przy pomocy odpowiednich narzędzi. Tu pojawia się jednak zasadnicza trudność — nie można skonstruować narzędzia, gdy nie wie się dokładnie, co ma być zmierzone (1).

Zmęczenie jest stanem doświadczanym w różnych okolicznościach, co od razu wskazuje, że różnorodne mogą być przyczyny jego powstawania, różne są także jego skutki. Stworzenie uniwersalnej definicji, która by zawierała opis zjawiska, przyczyny jego powstania i konsekwencje jest więc prawie niemożliwe. Mimo to w bogatej literaturze przedmiotu spotkać można wiele definicji, od bardzo krótkich do szeroko rozbudowanych (nieobejmujących jednak całości problematyki). Najkrótsze to dla przykładu definicja Grandjeana: „zmęczenie to stan zmniejszonej efektywności (wydajności) i niechęci do pracy” (2,3) i podobna do niej definicja Browna: „zmęczenie to subiektywnie odczuwana niechęć do kontynuowania zadania” (4), lub definicja NASA „zmęczenie, to stan, w którym czujemy się znużeni, senni lub wyczerpani” (5) czy wreszcie definicja Williamsona i wsp. „zmęczenie to biologiczny przymus (napęd) do wypoczynku” (6). W powyższych definicjach opisywane są odczucia zmęczonego człowieka, ale brakuje wskazania czynników, które są ich przyczyną. Przyczynę zmęczenia sugeruje norma ISO 10075, według której „zmęczenie jest to lokalna lub ogólnoustrojowa, nie będąca stanem patologicznym,

manifestacja skutków oddziaływania nadmiernego obciążenia, która jest całkowicie usuwalna poprzez odpoczynek”. To wskazanie przyczyny zmęczenia jest jednak pozorne, bo nie określono, co oznacza „nadmierne obciążenie”.

Inni autorzy definiując zmęczenie, koncentrują się na jego konsekwencjach behawioralnych. Cercarelli i Ryan uważają, że zmęczenie wiąże się ze zmniejszeniem zdolności do pracy, pogorszeniem uwagi, spostrzegania, podejmowania decyzji i jakości wykonywania zadań (7). W ich podejściu brakuje jednak identyfikacji przyczyn problemów. Takie same bowiem objawy mogą być skutkiem choroby lub spożycia alkoholu czy leków. Szerszą definicję zmęczenia zaproponowali Hancock i Verwey (8), według których „zmęczenie to wielowymiarowy fizjologiczno-poznawczy stan, będący skutkiem powtarzalnych bodźców, który powoduje przesunięcie się poza strefę komfortowego działania”. Mamy tu zdefiniowane zjawisko (stan organizmu), przyczynę (powtarzalny bodziec) i skutek (pogorszenie funkcjonowania). Wadą tej definicji jest uwzględnienie tylko jednej przyczyny — powtarzania bodźców. Trzeba też wziąć pod uwagę, że przyczyną zmęczenia nie jest samo powtarzanie bodźca, ale raczej konieczność utrzymywania stałego poziomu uwagi i podejmowania decyzji oraz powtarzanie określonych zachowań.

Kozłowski i Nazar sformułowali bardziej wszechstronną definicję, według której „zmęczenie jest to stan organizmu rozwijający się w czasie wykonywania pracy fizycznej lub umysłowej, charakteryzujący się: zmniejszeniem zdolności do pracy, nasileniem odczucia ciężkości wysiłku, osłabieniem chęci kontynuowania pracy (motywacji)” (9). Ta definicja dobrze identyfikuje przyczyny zmęczenia i skutki w kategoriach subiektywnych, wprowadza jednak pojęcie, które może być różnie rozumiane — zmniejszenie zdolności do pracy. Jeszcze szerszą definicję zaproponowali Soams-Job i Daziel (10). Uważają oni, że „zmęczenie to stan organizmu, mięśni, narządów wewnętrznych lub ośrodkowego układu nerwowego, w którym na skutek aktywności fizycznej i/lub psychicznej, w warunkach braku dostatecznego odpoczynku, dochodzi do takiego zmniejszenia zasobów energetycznych komórek lub całego systemu, że nie jest możliwe utrzymanie wyjściowego poziomu aktywności lub funkcjonowania”. Przyczyną zmęczenia może być wysiłek fizyczny, długotrwałe napięcie uwagi, śledzenie powtarzających się sygnałów, długotrwałe wykonywanie kompleksowych lub powtarzalnych zadań, lub też różna kombinacja tych rodzajów aktywności.



Przytoczone definicje wiążą zmęczenie tylko z wykonywaniem pracy, natomiast nie obejmują innych czynników, zarówno zewnętrznych, jak i dotyczących człowieka (cechy jednostki, stan zdrowia, ogólna kondycja fizyczna, sytuacja socjoekonomiczna itp.), które mogą modyfikować poziom zmęczenia. Należy jednak zauważyć, że zmęczenie jest bardzo ważnym mechanizmem fizjologicznym, który zabezpiecza organizm przed nadmiernym obciążeniem. Nie należy więc lekceważyć objawów zmęczenia, ponieważ konsekwencją przeciążenia mogą być nieodwracalne zmiany patologiczne.

W lepszym poznaniu zjawiska zmęczenia może być pomocne wyróżnienie jego zasadniczych postaci — fizycznej i umysłowej. Zmęczenie umysłowe dotyczy funkcji psychicznych, natomiast fizyczne jest synonimem zmęczenia mięśniowego. Inna klasyfikacja ułatwiająca wyjaśnienie istoty zmęczenia uwzględnia lokalizację zmian czynnościowych:

- zmęczenie ośrodkowe — zmiany powstają w ośrodkowym układzie nerwowym, objawiają się odczuciem znużenia, czasowej utraty sił i energii do działania, pogorszeniem uwagi i czujności;
- zmęczenie obwodowe, czyli lokalne — zmiany powstają w narządach i układach, które są zaangażowane w pracę, w tym zmęczenie mięśniowe, objawem są odczucia bólowe w mięśniach, zmniejszenie siły i szybkości skurczów;
- zmęczenie wzrokowe — pogorszenie ostrości wzroku;
- zmęczenie narządu słuchu — czasowe podwyższenie progu słyszenia.

Ze względu na złożoność sytuacji, w jakiej działa kierowca, można zidentyfikować:

- zmęczenie fizyczne — w tym zmęczenie mięśniowe (obciążenie statyczne związane z pozycją ciała podczas jazdy, trzymaniem kierownicy, obsługą dźwigni zmiany biegów);
- zmęczenie sensoryczne — oznacza ono obniżoną reaktywność narządów zmysłów;
- zmęczenie psychiczne — w tym zmęczenie umysłowe, polegające na pogorszeniu funkcji poznawczych na skutek konieczności stałego skupienia uwagi oraz monotonii warunków jazdy;
- zmęczenie emocjonalne — będące wynikiem działania czynników stresowych (presja czasu, konflikty z pasażerami itp.).

Ze względu na intensywność i czas trwania zmęczenie możemy podzielić na podzielić na ostre, podostre (umiarkowane), przewlekłe (przemęczenie) oraz znużenie. Znużenie jest specyficzną formą zmęczenia powstającego na skutek obniżenia poziomu aktywacji

w ośrodkowym układzie nerwowym w wyniku obniżonej stymulacji, regularnego powtarzania takich samych czynności (np. podczas pracy polegającej na obserwacji, montażu drobnych elementów). Konsekwencją jest upośledzenie sprawności psychofizycznej (zmniejszenie wydajności, uwagi i czujności) połączone z uczuciem senności i niechęcią do kontynuowania pracy. Znużenie często towarzyszy pracy kierowców, zwłaszcza na długich, monotonnych trasach.

Niezależnie od definicji zmęczenia i wywołujących je czynników najważniejsze są jego skutki, czyli obniżenie sprawności psychofizycznej i zmniejszenie niezawodności, co u kierowcy przekłada się na wzrost ryzyka wypadku.

SPECYFIKA ZMĘCZENIA KIEROWCÓW

Czynniki decydujące o zmęczeniu kierowców można podzielić na dwie zasadnicze grupy. Pierwsza grupa to czynniki związane ze snem/sennością (sleep-related — SR), takie jak skumulowany deficyt snu, długi czas czuwania i pora doby. Druga grupa to czynniki związane z wykonywaniem zadania, czyli z prowadzeniem samochodu oraz czasem pracy (task-related — TR) (11). Zmęczenie związane z zadaniem można z kolei podzielić na aktywne i bierne.

Aktywne zmęczenie jest najpowszechniejszą postacią zmęczenia kierowców, ponieważ jest konsekwencją przeciążenia umysłowego wysokimi wymaganiami wiążącymi się z prowadzeniem pojazdu w warunkach nasilenia ruchu i/lub złej widoczności, koniecznością wykonywania dodatkowych zadań (szukanie drogi, adresu w nieznanym terenie) itp.

Bierne zmęczenie powstaje, kiedy droga jest monotonna (np. autostrada), nasilenie ruchu niewielkie, a samo prowadzenie pojazdu nie wymaga wysiłku (przebiega niejako automatycznie) (12).

Rozpatrując szczegółowo determinanty zmęczenia związanego z sennością i ich znaczenie w kształtowaniu wielkości ryzyka wypadku komunikacyjnego, należy podkreślić rolę rytmu okołodobowego snu i czuwania. Wykazano, że zarówno prawdopodobieństwo zaśnięcia, jak i długość następującego po nim snu zmienia się w ciągu doby, czym steruje wewnętrzny zegar (13). W normalnych warunkach (nocny sen) prawdopodobieństwo zaśnięcia i subiektywne odczucie senności są największe ok. godziny 6:00 (14). Badania dotyczące umiejscowienia w ciągu doby wypadków komunikacyjnych i innych wskazują, że najczęściej zdarzają się one w porze zazwyczaj przeznaczonej na sen.



Ryzyko zaistnienia wypadku mającego za przyczynę senność lub zmęczenie w godzinach między północą a 6:00 jest sześciokrotnie wyższe niż w pozostałej części doby (15). Szczyt ryzyka wypadku przypada jednak między godziną 2:00 a 3:00, czyli na godziny wcześniejsze niż największa skłonność do snu.

Analizy zależności między częstością wypadków (urazów) a czasem, jaki upłynął od rozpoczęcia pracy wykazały, że szczyt tych zdarzeń przypada na 2.–3. godzinę pracy. Najmniej zdarzeń ma miejsce w 5.–6. godzinie, lecz następnie rośnie gwałtownie w miarę wydłużania czasu pracy, zwłaszcza ponad 8–10 godzin (16,17). Po uwzględnieniu obu tych czynników (skłonności do snu i czasu od rozpoczęcia pracy) stwierdzono, że w ciągu doby występują jeszcze dwa szczyty ryzyka wypadku. Przypadają one na godzinę 14:00 i 21:00 (14). Ciekawe jest to, że obraz zależności między liczbą wypadków drogowych spowodowanych sennością a porą doby zależy od wieku kierowców. Po 45. roku życia zmniejsza się wczesnoporanny szczyt wypadków, a zaczyna przeważać szczyt popołudniowy. U osób po 64. roku życia w ciągu doby obserwuje się tylko jeden szczyt, przypadający około godziny 14:00 (18).

Krytyczne godziny w pracy kierowcy ze względu na ryzyko spowodowania wypadków drogowych na skutek zmęczenia to:

- 24:00–06:00 — szczególnie około godziny 4:00, co związane jest z obniżoną aktywnością funkcji fizjologicznych zależną od rytmów dobowych,
- 12:00–16:00 — ok. 5 godzin po rozpoczęciu aktywności dziennej, obniżona sprawność kierowcy, przejściowe uczucie senności, możliwość wystąpienia mikrodrzemki,
- dwie pierwsze godziny prowadzenia pojazdu —wypoczęty zazwyczaj kierowca skłonny jest do przeceniania własnych możliwości,
- dwie ostatnie godziny jazdy — zmęczony kierowca pragnie jak najszybciej dotrzeć do celu podróży (19).

Poziom zmęczenia związanego z sennością i ryzyko wypadku zależy również od czasu snu. Uczucie senności podczas prowadzenia samochodu, a nawet przypadki zaśnięcia za kierownicą, pojawiają się tym częściej, im krótszy jest sen. W badaniach, w których zbierano informacje o występowaniu epizodów zaśnięcia podczas jazdy samochodem po pracy w grupie losowo wybranych blisko 900 pielęgniarek w USA, stwierdzono, że czas snu u tych, które w okresie 4 tygodni zgłosiły wystąpienie przynajmniej jednego epizodu wynosił średnio $6,33 \pm 2,10$ godzin, a u tych, które nie zgłasza-

ły takich problemów — $6,83 \pm 1,63$ godzin. Obliczono, że ryzyko wystąpienia epizodu zaśnięcia za kierownicą rośnie o 9% na każdą godzinę skrócenia snu (20).

W badaniu przeprowadzonym w grupie kierowców transportu drogowego stwierdzono, że ok. 20% badanych kierowców spało mniej niż 6 godzin przed dniem pracy, a jednocześnie dotyczyło ich ok. 40% wszystkich sytuacji niebezpiecznych (21). Porównując czas snu u kierowców, którzy ulegli wypadkowi z powodu senności i z powodu innych przyczyn, stwierdzono, że w pierwszej grupie czas snu wynosił ok. 5,5 godziny, a w drugiej — 8 godzin (22). Analizując zależność między liczbą godzin snu w ciągu doby poprzedzającej wypadek a ryzykiem wypadku, stwierdzono, że rośnie ono znacząco, gdy czas snu jest krótszy niż 8 godzin (23). Z wielu badań wynika, że sen krótszy niż 5 godzin w ciągu doby poprzedzającej wypadek zwiększa ryzyko wypadku 2,5-krotnie (4,24,25).

Również z badań przeprowadzonych wśród blisko 1400 kierowców w Szwecji wynika, że zagrożenie wypadkiem wzrasta proporcjonalnie do niedoboru snu u kierowcy (26). Analiza zależności między czasem snu w ciągu 48 godzin a ryzykiem wypadku dała dość zaskakujące rezultaty. Okazało się, że nie jest ona prostoliniowa, ale ma kształt litery U, przy czym ryzyko wypadku było najmniejsze, kiedy czas snu w czasie minionych 48 godzin wynosił ok. 15 godzin. Statystycznie ryzyko wypadku było istotnie większe, jeśli w tym okresie kierowcy spali do 9 godzin lub 21 i więcej godzin. Ponadto, ryzyko zmieniało się wraz z czasem czuwania — najmniejsze było wtedy, kiedy od ostatniego snu upłynęło 9–17 godzin ($RR = 0,2$), a największe, kiedy było to 18 lub więcej godzin ($RR = 1,3$). Większe było także, jeśli od przebudzenia minęło mniej niż 6 godzin ($RR = 1,0$) (27).

Nasilenie uczucia senności i związanego z nim zmęczenia zależy również od jakości snu (występowania zaburzeń snu). Skargi na trudności w zasypianiu, budzenie się w nocy lub bezsenność występują w populacji z częstością ocenianą na 10–48%, a odsetek osób, u których ten problem występuje często (przynajmniej 3 razy w tygodniu), ocenia się na 6–15% (28). Tak duże różnice częstości zależą nie tylko od przyjętych kryteriów diagnostycznych, ale także od wieku, stanu zdrowia, pory roku, kraju zamieszkania i rodzaju pracy. Problemy ze snem występują dwukrotnie częściej wśród pracowników zmianowych i nocnych niż wśród pracujących wyłącznie w dzień, częstsze są również u osób młodych i w średnim wieku niż u osób starszych, częściej występują latem niż zimą (29,30). Zakłócenia snu latem



rzutują na sezonowe wahania częstości wypadków drogowych. Radun i Radun analizowali tę zależność na podstawie dokumentacji przyczyn śmiertelnych wypadków w Finlandii (1464 wypadki) (31). Stwierdzili, że latem występuje istotny wzrost ryzyka wypadków spowodowanych zaśnięciem za kierownicą. Autorzy tłumaczą to zjawisko zmęczeniem związanym z dużą aktywnością w dniu poprzedzającym jazdę, która jest zwykle większa latem niż zimą. Wśród kierowców skarżących się na bezsenność ryzyko wypadku drogowego z powodu senności w ciągu dnia jest nawet 2,5-krotnie większe niż u tych bez kłopotów ze snem (32). Stwierdzono również, że wielkość ryzyka zależy od częstości występowania kłopotów ze snem — od 1,5 (gdy występują one kilka razy w roku) do 2,9 (gdy występują raz w miesiącu lub częściej) (33).

Czynnikiem, który w istotny sposób pogarsza jakość snu, jest bezdech senny. Epizody bezdechu często kończą się przebudzeniem, które występuje nawet kilka razy w ciągu nocy. Powoduje to, że osoby cierpiące na bezdech senny budzą się niewypoczęte, skarżą się na senność i uczucie zmęczenia, a w ciągu dnia często zapadają w drzemkę (34). Badania przeprowadzone podczas 30–90-minutowej „jazdy” na symulatorze samochodowym wskazywały, że u osób z rozpoznaniem bezdechem sennym następuje szybkie pogarszanie się koncentracji psychicznej, wydłuża się czas reakcji na bodźce wzrokowe oraz występują okresy wzmożonej senności. Częstość wypadków drogowych powodowana przez osoby cierpiące na bezdech senny jest nawet 3-krotnie większa niż wśród osób zdrowych. Odpowiednie leczenie zmniejsza ryzyko wypadku do poziomu obserwowanego w grupie kontrolnej (35).

W kształtowaniu poziomu zmęczenia u kierowcy istotną rolę odgrywa natężenie ruchu drogowego. Prowadzenie samochodu w warunkach dużego natężenia ruchu wymaga ciągłego skupienia na sytuacji panującej na drodze, spostrzegania i właściwego reagowania na wszelkie sytuacje, takie jak zmiana toru i szybkości jazdy przez innych uczestników ruchu, zmiany sygnalizacji świetlnej, pojawiające się znaki drogowe, zmiany warunków mikroklimatycznych i oświetlenia. Pojawiające się nowe bodźce i wykonywane w związku z nimi czynności mogą zwiększać lub zmniejszać zmęczenie kierowcy w zależności od sytuacji. Zwiększają one obciążenie i zmęczenie, jeśli jest ich dużo (np. prowadzenie samochodu w ruchu miejskim), ale będą czynnikiem ograniczającym zmęczenie, jeśli pojawiają się w warunkach monotonii (np. w trakcie jazdy autostradą).

ZACHOWANIE ZMĘCZONEGO KIEROWCY

Głównym skutkiem zmęczenia kierowcy jest to, że stopniowo odwraca on uwagę od drogi i ruchu drogowego, co prowadzi do pogorszenia jakości prowadzenia pojazdu (36). Często skutki zmęczenia kierowcy porównuje się do tych, które są konsekwencją spożycia alkoholu. Wykazano, że sprawność prowadzenia pojazdu przez kierowcę po 17–19 godzinach pracy pogarsza się w takim samym stopniu jak przy 0,5 promila alkoholu we krwi. Po 24 godzinach bez snu sprawność obniża się do takiego poziomu, jaki obserwuje się przy zawartości alkoholu we krwi wynoszącej 1 promil (37).

Zmęczenie wpływa na sposób prowadzenia pojazdu w specyficzny sposób (38,39):

- zwalnia reakcje — wydłuża czas, po jakim następuje reakcja na zagrożenie,
- zmniejsza czujność — kierowcy gorzej wykonują zadania wymagające uwagi, trudniej dostrzegają pojawiające się zagrożenia, takie jak roboty drogowe lub przejazdy kolejowe,
- pogarsza przetwarzanie informacji i pamięć krótkotrwałą — zmęczony kierowca nie pamięta kilku poprzednich minut jazdy.

U zmęczonego kierowcy można zaobserwować zmiany sposobu prowadzenia samochodu. W badaniach na symulatorze stwierdzono, że wraz z upływem czasu jazdy ruchy kierownicą stają się mniej płynne i wzrasta ich amplituda (40), przy czym wpływ zmęczenia jest bardziej wyraźny w sytuacji niskich wymagań (np. prosty odcinek drogi), niż kiedy wymagania rosną (np. zakręt lub presja czasu) (41). Z tego powodu kierowcy zmęczeni częściej zmieniają szybkość, aby zwiększając wysiłek, zmobilizować organizm do lepszej reakcji na sygnały otoczenia (42). Z innych badań wynika jednak, że kierowcy zmęczeni jadą wolniej, bo zmniejsza się u nich zdolność rozwijania siły, w tym siły nacisku na pedał gazu. Jednocześnie trudniej im ocenić rozwijaną prędkość (43). Najczęściej występującą konsekwencją zaśnięcia za kierownicą jest zmiana kierunku jazdy, przy czym częściej obserwuje się przekroczenie prawej linii wyznaczającej pas ruchu (41,2%) niż lewej (15,6%) (44).

Zakłócenia uwagi przybierają u kierowców specyficzną postać opisywaną jako tryb jazdy bez uwagi (driving without attention mode) (45). Jest to stan, w którym występuje obniżenie uwagi pojawiające się niezależnie od zmęczenia, czasu za kierownicą, braku snu czy też pory doby. Kierowca wykonuje czynności bez



aktywnego zaangażowania uwagi, jak autopilot, a kiedy się „budzi”, nie pamięta ostatnich minut jazdy. Stan ten występuje podczas jazdy w otoczeniu, które jest dla kierowcy przewidywalne i bezpieczne (autostrada, droga dobrze znana kierowcy). Ocenia się, że tryb jazdy bez uwagi występuje u ok. 18% kierowców, częściej u młodych niż starszych. Podobny stan, zwany hipnozą autostradową (transem autostradowym, gorączką białej linii), różni się od poprzednio opisanego tym, że obok obniżonej uwagi występuje senność i raczej pojawia się on podczas długiej jazdy (46). Kierowca, pozostając w normalnej pozycji, z rękoma na kierownicy, szklistym wzrokiem wpatruje się w linię wyznaczającą pas ruchu lub poprzedzający pojazd. Jest to stan, w którym dochodzi do „utrąty kontaktu”, braku świadomej percepcji bezpośredniego otoczenia (podobnie jak podczas czytania pasjonującej książki czy oglądania filmu). Kierowca prowadzi samochód niejako automatycznie, nie dostrzegając istotnych zmian sytuacji oraz nie korygując prędkości i kierunku jazdy. Te oba stany obniżonego poziomu pobudzenia i spadku czujności zwiększają prawdopodobieństwo ryzykownych zachowań i wypadku.

Zmęczenie u kierowcy powoduje, że zmniejsza się u niego zdolność samooceny własnych możliwości i wytrzymałości, a wraz z jego narastaniem i pojawianiem się senności spada czujność. To sprawia, że prawdopodobieństwo udziału w wypadku kierowcy zmęczonego jest 8-krotnie większe niż wypoczętego. Statystyki wykazują, że zmęczenie kierowców jest przyczyną około 10–15% ciężkich wypadków drogowych. Connor i wsp. analizowali związek zmęczenia kierowców z wypadkami drogowymi na podstawie wyników 19 badań epidemiologicznych (47). Badania te obejmowały łącznie kilka tysięcy osób. Informacje o wypadkach pochodziły z danych z policji, towarzystw ubezpieczeniowych i ankiet, a ocena zmęczenia dokonywana była retrospektywnie przez osoby badane. Istotną zależność między poczuciem zmęczenia a ryzykiem wypadku wykazano w 13 badaniach.

Ocena udziału wypadków będących konsekwencją zmęczenia spowodowanego sennością w ogólnej liczbie wypadków jest wbrew pozorom bardzo trudna. Z raportów policyjnych wynika, że 1–4% wypadków powodowanych jest zaśnięciem za kierownicą. Odsetek ten jest prawdopodobnie o wiele wyższy, ponieważ często ani kierowcy, ani policjanci, którzy przybyli na miejsce wypadku, nie doceniają roli, jaką w wypadku mogło odegrać zmęczenie prowadzącego samochód. Wielu kierowców nie podaje, że w chwili zdarzenia byli

bardzo zmęczeni lub bliscy zaśnięcia. Często nie zdają sobie też sprawy z zaśnięcia, zwłaszcza występowania epizodów tzw. mikrosnu, który mógł trwać ułamek sekundy. Szacuje się więc, że liczba wypadków, których przyczyną było zaśnięcie, może być wyższa, niż wynika to z policyjnych raportów. Ocenia się, że senność może być przyczyną 1–3% (48), a nawet do 20% wypadków drogowych (49,50,51). Z badań przeprowadzonych w Norwegii wynika, że zaśnięcie kierowcy było powodem 3,9% ogółu wypadków. Częstość ta była jednak znacznie wyższa (18,6%), kiedy analizowano tylko wypadki, które miały miejsce w nocy lub kiedy trasa podróży była dłuższa niż 150 km (8,1%), jak również w wypadkach, podczas których doszło do uszkodzenia ciała (7,3%) (44).

SPOSOBY OGRANICZANIA ZMĘCZENIA

W walce ze zmęczeniem kierowcy podczas jazdy samochodem i w ograniczeniu jego konsekwencji pomocne mogą być urządzenia techniczne. Mają one na celu wykrywanie zmęczenia, ograniczenie możliwości kolizji, a także poprawę sprawności kierowcy (11). Zasadą działania urządzeń wykrywających zmęczenie jest rejestracja i sygnalizowanie zachowań kierowcy, takich jak nieprawidłowe ruchy gałek ocznych i/lub zamknięcie powiek bądź opadanie głowy. Wskazuje się jednak, że opadanie głowy może być już spóźnionym sygnałem zmęczenia, ponieważ pogorszenie sprawności kierowcy może wystąpić znacznie wcześniej. Ponadto, urządzenia rejestrujące opadanie głowy są wrażliwe również na jej ruchy wynikające z rozglądania się kierowcy.

Urządzenia mające zapobiegać kolizji mogą się znajdować także na drodze. Taką rolę spełniają linie wyznaczające pasy ruchu, ukształtowane w ten sposób, że najechanie na nie kołem samochodu powoduje wibrację i specyficzny dźwięk. Ryzyko kolizji ograniczają również urządzenia zainstalowane w samochodzie — włączone w odpowiedni system kamery wideo wykrywają położenie samochodu względem linii, po której przejechaniu uruchamia się alarm. Inne urządzenia zainstalowane w samochodzie ostrzegają kierowcę przed nadmiernym zbliżaniem się do samochodu poprzedzającego lub jadącego obok. Są też urządzenia rejestrujące zmęczenie kierowcy i jego nieprawidłowe zachowanie (np. brak reakcji, brak ruchów kierownicą), które w przypadku wystąpienia takiej sytuacji zatrzymują samochód na poboczu i informują centralę.



Metody stosowane w celu zmniejszenia zmęczenia muszą być dostosowane do jego rodzaju. Działania ukierunkowane na ograniczenie aktywnego zmęczenia związanego z wykonywaniem zadań to przede wszystkim wspomaganie kierowcy poprzez automatyzację procesu kierowania samochodem, takie jak np. automatyczna kontrola prędkości, dostosowanie prędkości samochodu do pojazdu poruszającego się przed nim, werbalizacja informacji wizualnych. W celu podtrzymania sprawności kierowcy, zwłaszcza w warunkach monotonii i znużenia, stosowane są urządzenia generujące bodźce, na które musi on zareagować w odpowiednim czasie.

Wszystkie opisane wyżej urządzenia mogą zmniejszyć zagrożenie wynikające ze zmęczenia kierowcy, ale w żadnym stopniu nie usuwają senności. Podstawowym sposobem zmniejszenia senności kierowcy jest uświadomienie samym kierowcom i tym, którzy organizują ich pracę, konieczności stworzenia warunków pozwalających na odpowiednią ilość snu. W wyniku badań nad snem osób pracujących w nocy lub w warunkach wymuszonej wielodobowej aktywności powodującej niedobór snu stwierdzono, że minimalny czas snu zapobiegający znacznemu wzrostowi senności oraz obniżeniu sprawności nie może być w ciągu doby krótszy niż 4–5 godzin. Stwierdzono, że aby odzyskać sprawność po przedłużonych okresach czuwania, potrzebny jest sen dłuższy niż po „normalnym” okresie aktywności:

- po 16 godzinach ciągłej pracy — ok. 8 godzin snu,
- po 24 godzinach — ok. 12 godzin snu,
- po 36–48 godzinach — 12–14 godzin snu,
- po 72 godzinach — 2–3 dni z 12–14 godzinami snu (19).

W innych badaniach wykazano, że po 36 godzinach pracy 3-godzinny sen powoduje odzyskanie ok. 60% wyjściowej sprawności, 4-godzinny sen — ok. 70%, a odzyskanie ok. 100% wyjściowej sprawności wymaga co najmniej 12-godzinnego snu (52).

Dobrym sposobem na utrzymywanie lub odzyskiwanie sprawności są drzemki w różnych porach dnia. Wykazano, że w przypadku niedoboru snu (sen w godzinach 24:00–5:00) nawet krótka, bo tylko 10-minutowa drzemka w godzinach przedpołudniowych istotnie zmniejszyła subiektywne poczucie zmęczenia na około pół godziny, a obiektywnie ocenianą czujność poprawiała na ok. 1 godzinę (53). Półgodzinna drzemka (ok. 20 min efektywnego snu) w podobnych warunkach zmniejszyła uczucie senności i zwiększyła czujność (54). Drzemka ma przewagę nad tak samo długo

trwającym biernym wypoczynkiem, ponieważ podnosi czujność i sprawność działania i zmniejsza zmęczenie, podczas gdy bierny wypoczynek tylko przejściowo zmniejsza uczucie senności (55).

Z punktu widzenia regeneracji sił i zapobiegania zakłóceniom sprawności podczas pracy w godzinach nocnych bardziej korzystne są drzemki przedpołudniowe lub wczesnowieczorne. Stwierdzono, że wśród kierowców niekorzystających z takich drzemek ryzyko wypadku w nocy rośnie o ok. 38% (56). W celu poprawienia funkcjonowania kierowcy podczas prowadzenia samochodu w warunkach monotonii szczególnie korzystne jest jednoczesne stosowanie 20-minutowej drzemki i kofeiny w dawce 150 mg (57). Poprawa sprawności (zmniejszenie liczby przypadków przejechania przez linię wyznaczającą pas ruchu) jest wówczas większa niż po zastosowaniu samej kofeiny w dawce 200 mg.

Korzystne oddziaływanie drzemki i kofeiny na funkcjonowanie kierowców podczas jazdy nocnej w pewnym stopniu zależy od ich wieku. Podczas badania zmiany sposobu prowadzenia samochodu w trakcie eksperymentu na symulatorze stwierdzono, że u młodszych kierowców (20–25 lat) zarówno drzemka, jak i kofeina zmniejszyły liczbę epizodów przekroczenia linii wyznaczającej pas ruchu, podczas gdy u starszych kierowców (40–50 lat) zaobserwowano tylko pozytywny wpływ kofeiny. Młodszy kierowcy w czasie przeznaczonym na drzemkę spali dłużej i „głębiej”, co mogło mieć wpływ na jej lepszy efekt niż obserwowany u starszych kierowców (58).

Rozpowszechnienie wśród kierowców sposobów radzenia sobie z sennością różni się w zależności od płci, wieku i doświadczenia. Z badań przeprowadzonych w dużej grupie kierowców w Szwecji wynika, że stosowali oni różne środki zaradcze podczas jazdy (włączenie radia, otwarcie okna, angażowanie się w rozmowę, jedzenie cukierków, owoców, wypicie kawy lub innego energetyzującego napoju, zapalenie papierosa, wykonywanie dodatkowych ruchów tułowiem, zmiana szybkości jazdy) lub po zatrzymaniu samochodu (odpoczynek bez opuszczania samochodu, drzemka, krótki spacer) (59). Te sposoby występowały w różnych kombinacjach, a najczęstszymi, występującymi u 29% badanych, było zatrzymanie się, różne zachowania podczas jazdy i kofeina. Drugie miejsce (26%) zajmowało zatrzymanie się i różne zachowania podczas jazdy, a trzecie (13%) — tylko różne zachowania podczas jazdy.

Korzystanie z drzemki w połączeniu z różnymi zachowaniami podczas jazdy i spożywaniem kofeiny lub tylko ze spożywaniem kofeiny zgłaszało odpowied-



nio 8% i 4% badanych. Korzystanie z drzemek było prawie 3,5-krotnie bardziej rozpowszechnione wśród kierowców zawodowych w porównaniu z amatorami i prawie 3-krotnie częstsze wśród mężczyzn niż kobiet. Również istotnie częściej niż pozostali stosowali drzemki kierowcy starsi, kierowcy, którzy przeżyli epizod zaśnięcia za kierownicą lub mieli wypadek wynikający z zaśnięcia, a także kierowcy, którzy cierpieli na zaburzenia snu lub spali mniej niż 6 godzin.

Spożywanie kofeiny jako sposób radzenia sobie z sennością było częstsze wśród mężczyzn, kierowców zawodowych, wśród kierowców w wieku powyżej 25 lat oraz wśród tych, którzy doświadczyli epizodów drażniwej senności. Warto zaznaczyć, że samo zatrzymanie się, bez podejmowania innych działań, deklarowało tylko 3% badanych. Na znaczenie zwiększenia aktywności fizycznej w ograniczaniu zmęczenia wskazują badania Taylora i Dorna (60). Stwierdzili oni, że umiarkowanie intensywne aktywność fizyczna poprawiała tolerancję zmęczenia, np. 10 min spaceru poprawia subiektywną ocenę samopoczucia (przyływ energii) przez kolejne 2 godziny. Dla porównania, zjedzenie słodkiej przekąski daje wrażenie wzrostu energii tylko przez 1 godzinę, po której następuje wzrost zmęczenia.

ZAPOBIEGANIE ZMĘCZENIU

Zapobieganie zmęczeniu powinno obejmować zarówno działania bezpośrednio przed przystąpieniem do jazdy samochodem i w jej trakcie, jak i długodystansowe, zmierzające do poprawy tolerancji zmian zmęzeniowych. Podstawowym warunkiem zapobiegania nadmiernemu zmęczeniu kierowcy jest właściwa organizacja pracy. Problemy z tym związane reguluje Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców, która obowiązuje od dnia przystąpienia Polski do Unii Europejskiej, czyli od 1 maja 2004 r. ze zmianami wynikającymi z dwóch nowelizacji (z dnia 21 października 2005 r. i 20 czerwca 2007 r.). Przestrzeganie rozwiązań ustawowych powinno zapobiegać kumulowaniu się zmęczenia związanego z wydłużaniem czasu pracy, skracaniem przerw między kolejnymi podróżami i niedoborem snu.

Bezpośrednie działania zapobiegające rozwojowi zmęczenia to:

- odpowiedni wypoczynek przed podróżą,
- unikanie przed podróżą ciężkostrawnych posiłków, które wzmagają senność,
- unikanie napojów o bardzo wysokiej zawartości kofeiny, leków przeciwbólowych i antyalergicznymi,

- dbanie o dobrą wentylację w samochodzie i właściwą pozycję za kierownicą,
- krótka drzemka w razie odczuwania senności,
- przerwy w podróży co 2–3 godziny.

Działania zmierzające do ogólnej poprawy tolerancji pracy i zmian zmęzeniowych to przede wszystkim wzrost fizycznej aktywności pozazawodowej. W wielu badaniach wykazano, że regularna aktywność fizyczna w czasie wolnym wpływa na podniesienie wydolności fizycznej i poprawę tolerancji codziennych wysiłków fizycznych, a przez to obniża poczucie zmęczenia. Aktywność fizyczna modyfikuje poziom stresu i poprawia jakość snu (60). Wpływa też na obniżenie masy ciała (body mass index — BMI), obniżenie ciśnienia tętniczego, zwiększenie wrażliwości na insulinę, podniesienie poziomu tzw. dobrego cholesterolu (high density lipoproteins — HDL), co pozwala na obniżenie ryzyka chorób sercowo-naczyniowych i zespołu bezdechu sennego.

Ponieważ zmęczenie kierowców stanowi tak poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa w ruchu drogowym, wielokierunkowe działania zmierzające do zapobiegania mu powinny być przedmiotem zainteresowania instytucji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo na drogach, pracodawców, a także samych kierowców.

PIŚMIENNICTWO

1. Muscio B.: Is a fatigue test possible? Br. J. Psychol. 1921;12:31–46
2. Grandjean E.: Fatigue in industry. Br. J. Int. Med. 1979;36(3):175–186
3. Grandjean E.: Fitting the task to the man. Taylor and Francis, London 1988
4. Brown I.D.: Driver fatigue. Hum. Factors 1994;36: 298–314
5. NASA: Fatigue resource directory. W: Hartley L.R. [red.]. Proceedings of the Second International Conference on Fatigue and Transportation: Engineering, Enforcement and Education Solutions. 11–16 lutego 1996, Promaco Conventions, Perth, Australia 1996, ss. 67–135
6. Williamson A., Lombardi D.A., Folkard S., Stutts J., Courtney T.K., Connor J.L.: The link between fatigue and safety. Accid. Anal. Prev. 2011;43(2):498–515
7. Cercarelli L.R., Rayan G.A.: Long distance driving behaviour of Western Australian drivers. W: Hartley L.R. [red.]. Proceedings of the Second International Conference on Fatigue and Transportation: Engineering, Enforcement and Education Solutions. 11–16 lutego 1996, Promaco Conventions, Perth, Australia 1996, ss. 35–45



8. Hancock P.A., Verwey W.B.: Fatigue, workload and adaptive driver systems. *Accid. Anal. Prev.* 1997;29(4): 495–506
9. Kozłowski S., Nazar K.: Fizjologia wysiłków fizycznych. W: Kozłowski S., Nazar K. [red.]. *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej*. PZWL, Warszawa 1984, ss. 281–290
10. Soames-Job R.F., Dalziel J.: Defining fatigue as an condition of the organism and distinguishing it from habituation, adaptation and boredom. W: Hancock P.A., Desmond P.A. [red.]. *Stress, workload, and fatigue*. Mahwah, Erlbaum 2001, ss. 466–475
11. May J.F., Baldwin C.L.: Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transp. Res. F Traffic Psychol. Behav.* 2009;12(3):218–224
12. Gimeno P.T., Cerezuela G.P., Montanes, M.C.: On the concept and measurement of driver drowsiness, fatigue and inattention: Implications for countermeasures. *Int. J. Vehicle Design* 2006;42(1/2):67–86
13. Czeisler C.A., Weitzman E., Moore-Ede M.C., Zimmerman J.C., Knauer R.S.: Human sleep: its duration and organization depend on its circadian phase. *Science* 1980;210(4475):1264–1267
14. Folkard S.: Black times: temporal determinants of transport safety. *Accid. Anal. Prev.* 1997;29(4):417–430
15. Sagberg F.: Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accid. Anal. Prev.* 1999;31(6):639–649
16. Hamelin P.: Lorry drivers' time habits in work and their involvement in traffic accidents. *Ergonomics* 1987;30(9):1323–1333
17. Ogiński A., Ogińska H., Pokorski J., Kmita W., Goździela R.: Internal and external factors influencing time-related injury risk in continuous shift work. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 2000;6(3):405–421
18. Bruno G.A.: Temporal patterns of single-vehicle accidents in Texas due to driver fatigue or sleep during 1975–1994 [master of public health thesis]. The University of Texas School of Public Health, Houston 2004
19. Łuczak A., Zużewicz K.: Zmęczenie kierowców a bezpieczeństwo pracy. *Bezpiecz. Pr.* 2006;4:20–23
20. Scott L.D., Hwang W.T., Rogers A.E., Nysse T., Dean G.E., Dinges D.F.: The relationship between nurse work schedules, sleep duration, and drowsy driving. *Sleep* 2007;30(12):1801–1807
21. Arnold P.K., Hartley L.R., Corry A., Penna F., Feyer A.M.: Hours of work, and perception of fatigue among truck drivers. *Accid. Anal. Prev.* 1977;29(4):471–477
22. National Transportation Safety Board: Factors that affect fatigue in heavy truck accidents. *Safety Study* 1995;1
23. Stutts J.C., Wilkins J.W., Scott Osberg J., Vaughn B.V.: Driver risk factors for sleep-related crashes. *Accid. Anal. Prev.* 2003;35(3):321–331
24. Summala H., Mikkola T.: Fatal accidents among car and truck drivers: effects of fatigue, age, and alcohol consumption. *Hum. Factors* 1994;36(2):315–326
25. Philip P.: Sleepiness of occupational drivers. *Ind. Health* 2005;43(1):30–33
26. Carter N., Ulfberg J., Nyström B., Edling C.: Sleep debt, sleepiness and accidents among males in the general population and male professional drivers. *Accid. Anal. Prev.* 2003;35(4):6
27. Cummings P., Koepsell T., Moffat J., Rivara F.: Drowsiness, counter-measures to drowsiness, and the risk of a motor vehicle crash. *Inj. Prev.* 2001;7(3):194–199
28. Ohayon M.M., Smirne S.: Prevalence and consequence of insomnia disorders in the general population in Italy. *Sleep Med.* 2002;3(2):115–120
29. Ohayon, M.M., Roth T.: What are the contributing factors for insomnia in the general population? *J. Psychosom. Res.* 2001;51:745–755
30. Ohayon M.M., Partinen M.: Insomnia and global sleep dissatisfaction in Finland. *J. Sleep Res.* 2002;11(4):339–346
31. Radun I., Radun J.E.: Seasonal variation of falling asleep while driving: An examination of fatal road accidents. *Chronobiol. Int.* 2006;23(5):1053–1064
32. Smolensky M.H., Di Milia L., Ohayon M.M., Philip P.: Sleep disorders, medical conditions, and road accident risk. *Accid. Anal. Prev.* 2011;43(2):533–548
33. Nabi H., Guéguen A., Chiron M., Lafont S., Zins M., Lagarde E.: Awareness of driving while sleepy and road traffic accidents: prospective study in GAZEL cohort. *Br. Med. J.* 2006 [cytowany 9 kwietnia 2011]; 333(7558): [5 stron ekranowych]. Adres: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1489236>. DOI: 10.1136/bmj.38863.638194.AE
34. Pływaczewski R.: Obturacyjny bezdech senny jako przyczyna wypadków komunikacyjnych. *Sen* 2005;5(1):14–18
35. George C.F.: Reduction in motor vehicle collisions following treatment of sleep apnoea with nasal CPAP. *Thorax* 2001;56(7):508–512
36. Brown I.D.: Driver fatigue. *Ergonomics* 1994;36(2): 298–314
37. Williamson A.M., Feyer A.M.: Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *Occup. Environ. Med.* 2000;57(10): 649–655
38. Dinges D.: An overview of sleepiness and accidents. *J. Sleep Res.* 1995;4(S2):4–14



39. Philip P., Vervialle F., Le Breton P., Taillard J., Horne J.A.: Fatigue, alcohol, and serious road crashes in France: factorial study of national data. *Br. Med. J.* 2001;322(7290): 829–830
40. Winsum W. van: Age-related differences in effects of drowsiness on measures of driver behaviour and performance. Rapport TM-99-C001. TNO Technische Menskunde, Soesterberg 1999
41. Desmond P.A.: Driver fatigue: performance and state. W: Hartley L. [red.]. *Managing fatigue in transportation*. Elsevier Science, Oxford 1998, ss. 65–76
42. Hargutt V., Hoffmann S., Vollrath M., Krüger H.P.: Compensation for drowsiness and fatigue — a driving simulation study. *Proceedings of the International Conference on Traffic and Transport Psychology ICTTP*. 4–7 września 2000, Bern, Switzerland. Elsevier, Oxford 2000
43. Oron-Gilad T., Shinar D.: Driver fatigue among military truck drivers. *Transp. Res. F Traffic Psychol. Behav.* 2000;3(4):195–209
44. Sagberg F.: Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accid. Anal. Prev.* 1999;31(3):639–649
45. Karrer K., Briest S., Vöhringer-Kuhnt T., Baumgarten T., Schleir R.: Driving without awareness. W: Underwood G. [red.]. *Traffic and transport psychology. Theory and application*. Elsevier, London 2005, ss. 455–469
46. Williams G.W., Shor R.E.: A historical note on highway hypnosis. *Accid. Anal. Prevent.* 1970;2:223–225
47. Connor J., Whitlock G., Norton R., Jackson R.: The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. *Accid. Anal. Prev.* 2001; 33(1):31–41
48. Lyznicki J.M., Doege T.C., Davis R.M., Williams M.A.: Sleepiness, driving, and motor vehicle crashes. Council on Scientific Affairs, American Medical Association. *J. Am. Med. Assoc.* 1998;279(23):1908–1913
49. Philip P.: Sleepiness of occupational drivers. *Ind. Health* 2005;43(1):30–33
50. Philip P., Sagaspe P., Taillard J., Valtat C., Moore N., Akerstedt T. i wsp.: Fatigue, sleepiness, and performance in simulated versus real driving conditions. *Sleep* 2005;28:1511–1516
51. Horne J., Reyner L.: Falling asleep at the wheel. Report TRL 168. Transport Research Laboratory, Crowthorne 1995
52. Naitoh P., Angus, R.G.: Napping and human functioning during prolonged work. W: Dinges D.F., Broughton R.J. [red.]. *Sleep and alertness: chronobiological, behavioral, and medical aspects of napping*. Raven Press, New York 1989, ss. 221–246
53. Tietzel A.J., Lack L.C.: The recuperative value of brief and ultra-brief naps on alertness and cognitive performance. *J. Sleep Res.* 2002;11(3):213–218
54. Gillberg M., Kecklund G., Axelsson J., Akerstedt T.: The effects of a short daytime nap after restricted night sleep. *Sleep* 1996;19(7):570–575
55. Hayashi M., Chikazawa Y., Hori T.: Short nap versus short rest: recuperative effects during VDT work. *Ergonomics* 2004;47(14):1549–1560
56. Garbarino S., Mascialino B., Penco M.A., Squarcia S., De Carli F., Nobili L. i wsp.: Professional shift-work drivers who adopt prophylactic naps can reduce the risk of car accidents during night work. *Sleep* 2004;27(7):1295–1302
57. Reyner L.A., Horne J.A.: Suppression of sleepiness in drivers: combination of caffeine with a short nap. *Psychophysiology* 1997;34(6):721–725
58. Sagaspe P., Taillard J., Chaumet G., Moore N., Bioulac B., Philip P.: Aging and nocturnal driving: better with coffee or a nap? A randomized study. *Sleep* 2007;30(12): 1808–1813
59. Anund A., Kecklund G., Peters B., Akerstedt T.: Driver sleepiness and individual differences in preferences for countermeasures. *J. Sleep Res.* 2008;17(1):16–22
60. Taylor A.H., Dorn L.: Stress, fatigue, health, and risk of road traffic accidents among professional drivers: the contribution of physical inactivity. *Annu. Rev. Public Health* 2006;27:371–391

