

Teresa Makowiec-Dąbrowska¹

Halina Sińczuk-Walczak²

Zbigniew W. Józwiak¹

Patrycja Krawczyk-Adamus³

SPOSÓB WYKONYWANIA PRACY JAKO CZYNNIK RYZYKA ZESPOŁU CIEŚNI NADGARSTKA*

WORK PERFORMANCE AS A RISK FACTOR FOR ACARPAL TUNNEL SYNDROME

¹ Zakład Fizjologii Pracy i Ergonomii

² Przychodnia Chorób Zawodowych

³ Klinika Chorób Zawodowych

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

STRESZCZENIE

Rozpoznanie zespołu cieśni nadgarstka (CTS — carpal tunnel syndrome) jako choroby zawodowej wymaga stwierdzenia, że sposób wykonywania pracy był dominującym czynnikiem w jego powstaniu. W artykule omówiono i podano ilościowe charakterystyki tych cech sposobu wykonywania pracy, które mogą powodować wzrost ciśnienia w kanale nadgarstka. Są to specyficzne ustawienie ręki podczas pracy (zgięcie grzbietowe, naprzemiennie ruchy zginania i prostowania), pokonywanie oporów palcami, chwyt pensetowy, chwytanie i utrzymywanie przedmiotów, wywieranie nacisku ręką, powtarzalne ruchy oraz praca narzędziami wibrującymi. Cechy te charakteryzują pracę osób zatrudnionych przy przeróbce mięsa, montowaniu podzespołów, pakowaniu produktów i pracujących jako kasjerzy w supermarketach. Występowanie CTS wśród osób korzystających z klawiatury lub myszy komputerowej jest obecnie znacznie ograniczone dzięki poprawie parametrów ergonomicznych stanowisk pracy z komputerem. W pracy wskazano na niezawodowe czynniki ryzyka CTS (rozmiary nadgarstka, zmiany pourazowe, reumatoidalne zapalenie stawów, płeć żeńska, zmiany hormonalne w okresie menopauzy, w ciąży, inne zaburzenia hormonalne — niedoczynność tarczycy, cukrzyca, otyłość; a także hipercholesterolemia, palenie papierosów, spożywanie dużych ilości alkoholu). W podsumowaniu zwrócono uwagę na to, że błędne jest szacowanie obciążenia kończyn górnych poprzez nazwanie wykonywanego zawodu, podkreślając konieczność określenia w sposób ilościowy czynników obciążających rękę i ustalenia czasu trwania tych obciążeń. Med. Pr. 2007;58(4):361–372

Słowa kluczowe: zespół cieśni nadgarstka/etiologia, czynniki ryzyka, sposób wykonywania pracy, ekspozycja zawodowa/szkodliwy wpływ, choroby zawodowe/etiologia

ABSTRACT

Certification of carpal tunnel syndrome (CTS) as an occupational disease should be based on evidence that the job performance is a dominant factor responsible for its development. Features of the way the job is performed, which can increase the constriction in carpal tunnel and their quantitative analysis are presented. They include a specific position of the hand during the job performance (dorsal bending, alternate bending and extension), e.g., overcoming resistance with fingers, pincher grip, object catching and holding, exerting pressure on the hand, repeated movements or work with vibratory tools. These features characterize work of persons employed in meat processing, fitting of sub-assemblies, packing of products, or employed as supermarket cashiers. CTS occurrence in persons working with computers and thus using a keyboard or a mouse is now greatly limited owing to the improvement in ergonomic parameters of computer-equipped workposts. The paper indicates CTS risk factors (carpal tunnel size, post-traumatic lesions, rheumatoid arthritis, female gender, hormonal changes during menopause and pregnancy, and other hormonal disorders like hypothyreosis, diabetes, obesity, hypercholesterolemia, cigarette smoking, high alcohol consumption), which have been very well evidenced. In the summary, the attention was also paid to improper estimation of burden to upper limbs by listing jobs performed and stressing the need to quantitatively define hand burdening factors and estimate duration of such burdens. Med Pr 2007;58(4):361–372

Key words: carpal tunnel syndrome/etiology, risk factors, the way the job is performed, occupational exposure/adverse effects, occupational diseases/etiology

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

Nadesłano: 4.07.2007

Zatwierdzono: 3.08.2007

WSTĘP

Zespół cieśni nadgarstka (CTS — ang. carpal tunnel syndrome) to stan chorobowy powstały w wyniku

ucisku nerwu pośrodkowego (*nervus medianus*) w kanale nadgarstka. Zespół ten wymieniony jest wśród chorób zawodowych, w punkcie 20.1. ich aktualnego wykazu (1). Do ucisku nerwu pośrodkowego dochodzi na skutek wzrostu ciśnienia w kanale nadgarstka, który

* Praca napisana w ramach realizacji tematu finansowanego z dotacji na działalność statutową IMP 0.3. pt. „Częstość występowania i czynniki ryzyka zespołu cieśni nadgarstka”. Kierownik tematu: dr hab. n. med. T. Makowiec-Dąbrowska.

jest konsekwencją oddziaływania wewnętrznych i zewnętrznych czynników mechanicznych, prowadzących do zmniejszenia rozmiaru kanału nadgarstka lub zwiększenia objętości elementów, które się w nim znajdują. Mogą to być zmiany anatomiczne, pogrubienie więzadła poprzecznego, przerost lub obrzęk pochewek ścięgniętych, nieprawidłowości stawowe nadgarstka (np. po złamaniu), guz lub anomalia mięśniowa.

Wzrost ciśnienia w kanale nadgarstka powoduje zmiany niedokrwienne w nerwie poprzez upośledzenie przepływu krwi w naczyniach odżywiających nerw. Prowadzi to początkowo do zaburzeń przewodnictwa w mielinowych włóknach nerwowych, a później do obumierania aksonów. Ucisk nerwu powoduje parestezje dłoniowo-promieniowej części ręki, a także ból w okolicy nadgarstka, dłoni i czasem proksymalnie od miejsca ucisku — w obrębie przedramienia lub barku. Typowym objawem jest nasilenie się dolegliwości w nocy i ich łagodzenie po wykonaniu ruchu strzepnięcia ręką.

Następnie mogą pojawić się ubytki czucia w zakresie trzech pierwszych palców po stronie dłoniowej i/lub osłabienie oraz zanik mięśni zaangażowanych w odwodzenie i przeciwstawianie kciuka. Występuje osłabienie chwytu, brak precyzji i ograniczenie ruchów. Utrudnione jest zaciśnięcie ręki w pięść, a trzymane przedmioty często wypadają z ręki. Nie pojawiają się zaburzenia czucia na dłoni i kłębie kciuka, gdyż gałązka nerwu pośrodkowego zaopatrująca ten obszar oddziela się od niego na ok. 3 cm przed wejściem do kanału.

Rozpoznanie zespołu cieśni nadgarstka opiera się na wywiadzie, badaniu klinicznym oraz elektroneurograficznym. Uznanie, że jest on konsekwencją sposobu wykonywania pracy jest warunkiem rozpoznania choroby zawodowej. Poniżej zostanie przedstawiony przegląd piśmiennictwa prezentującego dane o związku sposobów wykonywania pracy z częstością występowania lub pojawianiem się nowych przypadków zespołu cieśni nadgarstka.

Czynniki powodujące wzrost ciśnienia w kanale nadgarstka

Mechanizmem wywołującym CTS jest wzrost ciśnienia w kanale i niedokrwienie nerwu pośrodkowego. Następujące czynniki zwiększają ciśnienie w kanale nadgarstka:

- zmniejszenie przestrzeni w kanale nadgarstka,
- pofałdowanie skóry przy zgięciu nadgarstka,
- przemieszczanie się mięśni glistowatych (międykostnych) do kanału nadgarstka.

Najmniejsze ciśnienie wewnątrz kanału nadgarstka jest wówczas, gdy ręka jest lekko nawrócona, w zgięciu łokciowym — 3–5°, grzbietowym — 2–3,5°, a palce zgięte w stawie śródrečno-palcowym pod kątem 45°. Odchylenie łokciowe aż do 10° nie zwiększa ciśnienia (2). Prostowanie nadgarstka (zgięcie grzbietowe) napina ścięgna mięśni zginaczy i nerw pośrodkowy, zwiększając ucisk na jego powierzchnię grzbietową. Ciśnienie w kanale nadgarstka dodatkowo zwiększa zginanie palców i rośnie ono wraz ze zwiększeniem siły (np. siły uderzania w klawisze) (3).

Zgięcie ręki w nadgarstku powoduje, że ścięgna zginacza palców uciskają dłoniową powierzchnię kanału nadgarstka. Nerw pośrodkowy znajduje się właśnie między tymi ścięgnami. Przeciążenie mięśni zginaczy i brak przerw wypoczynkowych są przyczyną braku równowagi między zginaczami i prostownikami, co prowadzi do wzrostu ciśnienia w części dłoniowej kanału nadgarstka (4). Gdy ręka przyjmuje ekstremalne pozycje, dochodzi do obrzęku struktur znajdujących się w obrębie kanału nadgarstka. Ciśnienie jest generalnie wyższe w dystalnej części kanału, co uzasadnia większą częstość zmian w segmencie czuciowym nerwu pośrodkowego (5).

Przeprowadzono wiele badań mających na celu określenie wartości ciśnienia wewnątrz kanału nadgarstka. Uzyskane wyniki zależały od metod pomiaru i doboru osób, wśród których przeprowadzono badania. U osób bez dolegliwości ze strony kończyn górnych w neutralnej pozycji nadgarstka stwierdzono, że ciśnienie w kanale wynosiło 2,5 mmHg, przy zgięciu nadgarstka pod kątem 90° rosło do 31 mmHg, a przy prostowaniu — do 30 mmHg. U osób z rozpoznaniem CTS w analogicznych pozycjach nadgarstka ciśnienie wynosiło 32, 94 i 110 mmHg (6). W innych badaniach stwierdzono, że w spoczynku, przy neutralnym ułożeniu ręki ciśnienie wewnątrz kanału nadgarstka wynosiło ok. 24 mmHg. Podczas zgięcia ręki pod kątem 90° ciśnienie wzrastało do ok. 80 mmHg, zaś podczas prostowania pod takim samym kątem — do ok. 102 mmHg (7). Zgięcie grzbietowe ręki powoduje wsuwanie się mięśni glistowatych do kanału nadgarstka (8), a wówczas ciśnienie w kanale nadgarstka może wzrosnąć aż do ok. 500 mmHg (9). Podczas chwytania przedmiotu całą ręką ciśnienie w kanale wzrasta do ok. 237 mmHg (7). Praca palcami, nawet gdy pokonują one względnie mały opór, powoduje znaczny wzrost ciśnienia w kanale nadgarstka. Naciśnięcie palcem wskazującym z siłą 0, 5, 10 i 15 N powodowało wzrost ciśnienia o 7,8; 14,1; 20,0 i 33,8 mmHg, zaś używanie takiej samej siły podczas utrzymywania przedmiotu palcami (chwyt pensetowy) powodowało

większy wzrost ciśnienia — odpowiednio do 14,2; 29,9; 41,9, i 49,7 mmHg (10).

Podczas naprzemiennego zginania i prostowania ręki w nadgarstku (jak np. podczas pisania przy użyciu klawiatury) ścięgna ocierają się o siebie. Siła tego ocierania jest proporcjonalna do napięcia ścięgien, a odwrotnie proporcjonalna do promienia krzywizny ruchu. Największą szybkość przesuwania się ścięgien i największe przyspieszenia obserwuje się podczas ruchów prostowania/zginania oraz ruchów ręki w nadgarstku na boki. Konsekwencją ocierania ścięgien o siebie może być stan zapalny pochewek ścięgien. Włóknienie i obrzęk pochewek ścięgien przechodzących przez nadgarstek jest znacznie częstsze u osób z CTS, niż u osób, u których zespół ten nie występuje (11).

Nienaturalne pozycje nadgarstka zmniejszają tolerancję obciążenia. Kluczową sprawą jest ustawienie ręki w zgięciu grzbietowym (prostowanie), ponieważ ciśnienie wewnątrz kanału nadgarstka rośnie w większym stopniu podczas prostowania ręki niż podczas zginania. Przy prostowaniu wzrost ten wynosi 1,6 mmHg/10° odchylenia, a przy zgięciu jedynie 0,2 mmHg/10° odchylenia (12). Stwierdzono, że istotnym czynnikiem ryzyka CTS jest praca w warunkach ustawienia ręki w zgięciu grzbietowym pod kątem większym niż 15° (13). Jednocześnie warto zwrócić uwagę na to, że gdy ręka jest zgięta lub wyprostowana, możliwość jej odchylenia promieniowego lub łokciowego jest niewielka, co zmniejsza ryzyko wynikające z takich ruchów. Pozycja palców ma również duży wpływ na ciśnienie w kanale nadgarstka. Jest ono większe, gdy palce są wyprostowane, niż wtedy, gdy są zgięte pod kątem 90° przy nadgarstku zgiętym grzbietowo pod kątem 10–40°.

Zawodowe czynniki ryzyka CTS

CTS a posługiwanie się klawiaturą i myszą komputera
Z pracą na klawiaturze wiąże się wiele potencjalnych czynników ryzyka CTS. Uczucie dyskomfortu jest tym większe, im klawiatura jest wyżej położona ponad wysokość łokciową, ponieważ wymusza to uniesienie ramion i powoduje wzrost napięcia mięśni obręczy barkowej. Klawiatura powinna znajdować się na wysokości 1 cala (2,54 cm) powyżej kolan, co zapewnia równoległe do podłogi ustawienie przedramion. Ponadto klawiatura powinna być ustawiona z lekkim uniesieniem bliższej krawędzi (klawisza spacji) — ujemne nachylenie. Takie położenie klawiatury poprawia ustawienia nadgarstka, powodując, że podczas pisania o 60% wydłuża się czas, przez jaki nadgarstki są w pozycji neutralnej (14). Ponieważ ryzyko CTS rośnie wtedy, gdy ciśnienie w kanale

nadgarstka przekracza 40 mmHg przez długi czas, poprawa ustawienia nadgarstka w oczywisty sposób musi zmniejszyć ryzyko (15). Ujemne nachylenie klawiatury utrudnia jednak widzenie klawiszy i dlatego nie jest ono polecane dla osób mających małą wprawę w pisaniu.

Wśród specjalistów toczą się również dyskusje nad kształtem samej klawiatury. Badania wykazały, że klasyczna klawiatura QWERTY powoduje przeciążenie lewej ręki i tylko niektórych palców (przy pisaniu 5 palcami), a także zbyt małe wykorzystanie centralnych wierszy oraz konieczność przeskakiwania tam i z powrotem z wiersza na wiersz. Korzystanie z klasycznej klawiatury powoduje, że przedramiona są nawrócone (*pronatio*), a oba nadgarstki są w zgięciu łokciowym i grzbietowym. Pronacja jest bardziej wyraźna w prawej ręce, natomiast zgięcie łokciowe i grzbietowe nadgarstka — w lewej. Warto zwrócić uwagę na to, że podczas pisania po angielsku 58% liter przypada na lewą rękę. Zgięcie łokciowe nadgarstka jest większe podczas posługiwania się klawiaturą liczbową niż literową.

Podczas intensywnego pisania droga, jaką przebywają ścięgna zginaczy mięśni poruszających palcami wynosi 30–59 m/godz. (16). Różnice cech antropometrycznych między kobietami a mężczyznami powodują, że zależność długość–napięcie i siła–szybkość są mniej korzystne u kobiet. Stąd większa częstość CTS właśnie u nich, mimo że droga, jaką przebywają ścięgna jest większa u mężczyzn. Stwierdzono, że na dobrze ustawionej klawiaturze lewa ręka jest zaangażowana przez 76% czasu, zaś prawa przez 73%. Jednocześnie ok. 73% osób ma prawy lub lewy nadgarstek zgięty grzbietowo pod kątem > 15°, a ponad 20% osób odgięty łokciowo pod kątem > 20°.

Podczas pisania na klawiaturze większość ruchów w nadgarstku odbywa się w płaszczyźnie pionowej — ruchy zginania i prostowania. Stwarza to większe ryzyko CTS, gdyż wówczas ścięgna przebywają dłuższą drogę niż przy ruchach zgięcia łokciowego i promieniowego.

Niekorzystne ułożenie rąk podczas pisania na klawiaturze QWERTY stało się impulsem do tworzenia nowych konstrukcji klawiatur. Na przykład klawiatura dzielona zmniejsza odchylenie łokciowe ręki lewej do 7–8,5°, a prawej do 2,7–5°, podczas gdy przy pisaniu na tradycyjnej klawiaturze kąt ten mieści się najczęściej w granicach 15–30° (17). Ponadto droga, jaką przebywają ścięgna, zmniejsza się o ok. 11% (18). Mimo tych oczywistych dodatnich cech klawiatury dzielone, podobnie jak inne modyfikacje, nie są powszechnie wprowadzane ze względu na cenę i dotychczasowe przyzwyczajenia, a także z tego powodu, że szybkość pisania na

nich (prawdopodobnie wskutek mniejszej wprawy) jest mniejsza. Używając tej alternatywnej klawiatury pisze się mniej o średnio 6 słów/min. (10% wolniej).

W powstawaniu CTS istotną rolę odgrywa również opór, jaki muszą pokonywać palce, co w przypadku klawiatury oznacza siłę konieczną do uderzenia w klawisz. Stwierdzono, że większość użytkowników klawiatur podczas pisania używa nadmiernej siły, podczas gdy do uruchomienia klawisza standardowej klawiatury wystarczy siła 0,5–0,6 N (a nie powinno się przekraczać 1,5 N). Najczęściej jednak uderza się w klawisz z siłą w granicach 1,6–5,3 N.

Kolejnym czynnikiem ryzyka CTS u osób pracujących z komputerem jest nieprawidłowe posługiwanie się myszą. Umieszczenie myszy obok klawiatury wymusza przyjmowanie nieprawidłowej pozycji: odwieńcenie ramienia, nawrócenie przedramienia i zgięcie łokciowe w nadgarstku. Podczas posługiwania się myszą rośnie ciśnienie w kanale nadgarstka (19). Już samo położenie ręki na myszy podnosi ciśnienie o 13 mmHg (do wartości 16,8–18,7 mmHg). Podczas stałego naciśnięcia na klawisz i przesuwania myszy ciśnienie wzrasta do 28,8–33,1 mmHg, a podczas klikania — do 18,4–28,0 mmHg. Najbardziej obciążające ma być podwójne klikanie.

Związek pracy z komputerem z częstością doległości kończyn górnych skłonił wielu badaczy do interwencji dotyczących ergonomii na stanowiskach pracy. Podsumowanie tych działań przedstawił Lincoln i wsp. (20). Większość modyfikacji polegała na wymianie klawiatury tradycyjnej na dzieloną z możliwością regulacji kąta ustawienia i podpórkami pod nadgarstek. Ponieważ badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych, a rezultaty użytkowania były oceniane po krótkim czasie, stwierdzano tylko poprawę pozycji ciała podczas pracy i ewentualne mniejsze obciążenie mięśni. Nie przeprowadzono jednak badań klinicznych i dlatego nie można wypowiadać się o znaczeniu takiej interwencji w zmniejszaniu częstości występowania związanych z pracą chorób układu mięśniowo-szkieletowego. Zmieniają także ustawienie klawiatury polegające na pochyleniu jej ku przodowi (ujemne nachylenie). Stwierdzono, że pomaga to utrzymać nadgarstki w pozycji neutralnej. W podsumowaniu zwrócono uwagę na to, że w powstawaniu CTS u osób posługujących się klawiaturą istotne znaczenie mają również inne aspekty, takie jak czas pisania oraz charakterystyka uderzeń. Wiele uwagi poświęca się ułożeniu ręki podczas posługiwania się myszą. Odpowiedni kształt myszy oraz podpórka mają zapewnić neutralne położenie ręki. Obecnie uważa się,

że niewskazane jest podpieranie samego nadgarstka, bo to może zwiększyć ciśnienie w kanale (21). Podparte powinno być natomiast przedramię, stąd więc cała gama modeli ruchomych podpórek montowanych bezpośrednio do stołu, na którym stoi klawiatura.

Obecny stan wiedzy wskazuje na to, że używanie komputerów nie stanowi poważnego czynnika ryzyka powstawania CTS. Do takich wniosków upoważniają wyniki badań przeprowadzonych przez Andersena i wsp. (22). Przez rok obserwowali oni grupę blisko 7000 pracowników posługujących się w pracy komputerem. We wstępnym badaniu kwestionariuszowym dolegliwości pod postacią mrowienia/drętwienia ręki prawej przynajmniej raz w tygodniu zgłaszało 10,9% badanych. Podczas bezpośredniego wywiadu dolegliwości potwierdziło jednak tylko 4,8% badanych, a tylko u 1,4% dolegliwości występowały w nocy. Nowe objawy w czasie rocznej obserwacji pojawiły się u 5,5% badanych, istotnie częściej u tych, którzy posługiwali się myszą przez ponad 20 godz./tydzień. Prawdopodobnym, ale nie istotnym statystycznie czynnikiem ryzyka było posługiwanie się klawiaturą.

Powtarzalność ruchów jako ryzyko CTS

Powtarzalność ruchów ręki (nadgarstka) jest charakteryzowana poprzez określenie: a) częstotliwości lub czasu trwania typowych czynności wykonywanych rękoma, b) stosunkiem czasu pracy do czasu przerw, c) odsetkiem czasu pracy, jaki zajmują powtarzalne czynności, oraz d) ilością produktów wytworzonych w jednostce czasu. Według Silversteina i wsp. (23), autorów najczęściej cytowanego opracowania dotyczącego zawodowych czynników ryzyka zespołu cieśni nadgarstka, powtarzalność ruchów określa się jako dużą, gdy cykl trwa krócej niż 30 sek., lub przez 50% cyklu pracy powtarzają się te same czynności. Używanie siły podczas ręcznej pracy (forsowny wysiłek rąk) jest definiowane jako widoczne wywieranie siły ręką i/lub używanie ręki do trzymania, uderzenia, popychania, pociągania, przenoszenia obiektów lub manipulowania nimi. Wysiłek ręki uważa się za forsowny, gdy siła używana do podnoszenia lub chwytu pensetowego jest równa lub przekracza 8,9 N, zaś podczas popychania lub pociągania — 44,5 N (24). Dotychczas przeprowadzone badania dostarczyły dowodów na istnienie zależności między wysoce powtarzalną pracą a CTS. W badaniach tych zastosowano ilościowe i półilościowe metody oceny powtarzalności. Największe wartości ryzyka względnego uzyskiwano wtedy, gdy porównywano prace cechujące się największą i najmniejszą powtarzalnością (25), a także wówczas,

gdy powtarzalność była skojarzona z używaniem dużej siły (26). Dostępne wyniki badań epidemiologicznych wskazują również na związek siły i CTS oraz wibracji i CTS. Nie ma natomiast wystarczających dowodów na związek między pozycją nadgarstka a CTS. Występuje on jedynie wtedy, gdy niewłaściwej pozycji towarzyszy siła (27–37).

Pozycja ciała jako czynnik ryzyka CTS

Udział pozycji ciała w powstawaniu CTS tłumaczy się tym, że praca w ekstremalnie niewygodnej pozycji powoduje użycie zwiększonej siły do wykonania zadania. Jest to jednak element często pomijany w badaniach epidemiologicznych, gdyż pracownicy wykonujący nawet takie same czynności pracują w bardzo różnych pozycjach ze względu na różnice w rozmiarach ciała. Najczęściej pozycję nadgarstka ocenia się na podstawie zapisu wideo, przyjmując podział na 3 klasy, których przedziały dla zgięcia/prostowania są następujące: 0–25°, 25–45° i ponad 45°, a dla zgięcia łokciowego: mniej niż 10°, 10–20° i ponad 20° (31,36). Oczywiście istotne znaczenie ma czas utrzymywania niewygodnych, uciążliwych pozycji. De Krom i wsp. (38) porównywali grupy pracowników, których praca wymagała ekstremalnej pozycji nadgarstka przez czas równy 0; 1–7; 8–19 i 20–40 godz./tydzień i stwierdzili, że ryzyko CTS wzrastało od 1,5 do 8,7 raza wraz z wydłużaniem się czasu zgięcia, a od 1,4 do 5,4 wraz z wydłużaniem czasu ekstremalnego wyprostowania.

Inne cechy pracy jako czynniki ryzyka CTS

Duże znaczenie w powstawaniu CTS przypisuje się sile, jaka jest rozwijana podczas wykonywania czynności, zwłaszcza gdy współwystępuje z powtarzalnością ruchów (36,39,40). Dodatkowym czynnikiem zwiększającym ryzyko jest posługiwanie się narzędziami wibrującymi.

Najsilniejszy związek między występowaniem CTS a warunkami (sposobem wykonywania) pracy obserwowano u pracowników tych stanowisk, na których występuje kilka czynników ryzyka jednocześnie (np. siła i powtarzalność ruchów, siła i niewłaściwa pozycja). Roquelaure i wsp. stwierdzili, że ryzyko występowania CTS wzrosło do 9, gdy praca charakteryzowała się następującymi czynnikami: używanie siły > 1 kg, czas wykonywania pojedynczej powtarzalnej operacji poniżej 10 sek. oraz brak zmienności czynności, a także krótki czas przerw (przerwy zajmują łącznie mniej niż 15% czasu pracy w ciągu dnia) (41). Chiang i wsp. jako granicę dużego i małego obciążenia podali 3 kg (28). W badanej

przez tych autorów grupie kobiet pracujących z dużym obciążeniem i z dużą częstością ruchów ryzyko CTS było 2,6 razy (95% CI = 1,0–7,3) wyższe w porównaniu z grupą o małym obciążeniu i wykonującą operacje z małą częstością.

Istotne znaczenie ma również wyposażenie stanowiska pracy (np. konieczność ręcznego dostarczania materiałów, przedmiotów do obróbki itp.) oraz brak rotacji między stanowiskami. Blanc i wsp. zwracają uwagę na jeszcze jeden istotny czynnik ryzyka CTS — jest nim łączny czas wykonywania powtarzalnych czynności obciążających nadgarstek (42). Stwierdzili oni, że ryzyko wystąpienia CTS w grupie, w której czas ten przekraczał 2 godz. w ciągu dnia wzrosło do 1,7 raza (95% CI = 1,1–2,6) w porównaniu z grupą mniej obciążonych pracowników.

Częstość występowania zespołu cieśni nadgarstka a wykonywany zawód

Związek częstości występowania CTS z rodzajem wykonywanej pracy był przedmiotem licznych badań. Stwierdzano, że u pracowników, których praca wymagała powtarzalnych ruchów i ściskania z dużą siłą, częstość CTS dochodziła nawet do 61%. Najwyższe częstości notowano u szlifierzy, rzeźników, pracowników sklepów spożywczych oraz pracowników chłodni (43,41).

Jedną z grup zawodowych, w których CTS występuje z dużą częstością, są pracownicy rzeźni zajmujący się oddzielaniem mięsa od kości (44). Wśród nich częstość CTS wynosiła 7,8%, podczas gdy u innych pracowników rzeźni — 5,1%, a u pracowników zakładów chemicznych (niewykonujących prac tak obciążających kończyny górne) — tylko 1,6%. Różnice częstości były statystycznie istotne. Jako przyczynę tak dużej częstości CTS wykrawacze kości były szybkie ruchy rąk i konieczność używania dużej siły.

Również autorzy innych publikacji wskazują na dużą częstość występowania CTS wśród pracowników wykonujących szybkie ruchy palcami (ruch zginania). Na przykład w zakładach przemysłu spożywczego częstość CTS wynosiła 11,7% (45). Stwierdzono jednocześnie, że czynnikiem zwiększającym ryzyko wśród ich pracowników były otyłość i stres zawodowy.

Wśród pracowników supermarketu częstość CTS wynosiła 23% (46). Obciążenie rąk oceniano na podstawie czasu wykonywania w ciągu tygodnia powtarzalnych ruchów nadgarstka, wymagających użycia siły. Ryzyko występowania CTS w najbardziej obciążonej grupie w porównaniu z najmniej obciążoną — po uwzględnieniu czynników takich, jak wiek, płeć, spożycie alkoholu,

występowanie chorób stanowiących czynniki ryzyka CTS — wynosiło 8,3 (95% CI = 2,6–26,4).

Silverstein i wsp. ocenili częstość występowania CTS w populacji pracowników, u których dokonali oceny częstości ruchów i używanej siły (23). Według tych autorów duża siła to ≥ 4 kg, a mała — poniżej tej wartości. Stwierdzili, że w grupie z małym obciążeniem (mała częstość i mała siła) CTS występował z częstością 0,5%, zaś w grupie najbardziej obciążonej (duża częstość, duża siła) wynosiła ona już 5,6%. Przy uwzględnieniu innych czynników ryzyko w najbardziej obciążonej grupie w porównaniu z najmniej obciążoną było większe niż 15. Autorzy ci podkreślają, że w powstawaniu CTS większe znaczenie ma częstotliwość ruchów niż siła, gdyż wskaźnik ryzyka dla częstotliwości wynosił 5,5 ($p < 0,05$), a dla siły — 2,9 ($p > 0,05$).

Na większe znaczenie częstości ruchów, a mniejsze siły, jako czynników ryzyka CTS, wskazują również wyniki analizy przeprowadzonej w grupie reprezentantów następujących zawodów: sekretarki, personel medyczny (pielęgniarki), pracownicy przemysłu i gospodynie domowe (47). Stwierdzono, że u osób wykonujących pracę wymagającą używania dużej siły przy małej częstotliwości ruchów ryzyko CTS w porównaniu z grupą kontrolną wynosiło 3,21 (95% CI = 1,5–6,9), natomiast wśród osób używających w pracy małej siły, ale przy dużej powtarzalności ryzyko wynosiło 4,72 (95% CI = 1,8–12,5).

W badaniach przeprowadzonych we Francji również stwierdzano większą częstość przypadków CTS w populacji pracowników wykonujących powtarzalne czynności (48). Zespół ten występował u 13,4% pracowników montujących małe podzespoły na taśmie, u 12,1% pracowników szyjących odzież i obuwiu, u 6,8% pracowników przemysłu spożywczego, oraz u 16,2% pracowników zatrudnionych przy pakowaniu produktów. W grupie osób niewykonujących obciążających prac rękoma częstość CTS wynosiła 2,4%. Różnice między grupą kontrolną a eksponowanymi były statystycznie istotne. Z cech charakteryzujących pracę istotne znaczenie miał czas trwania pojedynczych operacji — im krótszy, tym większe było ryzyko (dla czasu trwania operacji < 10 sek. ryzyko w porównaniu do czynności trwających > 1 min wynosiło 1,90 (95% CI = 1,04–3,48). Inne czynniki ryzyka to wiek 40–49 lat, nadwaga i otyłość, problemy psychologiczne w pracy, niski poziom kontroli oraz pośpiech.

Wyjątkowo dużą częstość przypadków CTS stwierdzili Kim i wsp. wśród pracowników zatrudnionych w zakładzie przetwórstwa mięsa i ryb (49).

W grupie 69 osób, których praca wymagała powtarzalnych ruchów rąk stwierdzono aż 51 przypadków CTS (73,9%), zaś w grupie 48 pracowników sekretariatów lub kontroli jakości odnotowano tylko 1 przypadek (3,6%). Podczas badania klinicznego wykazano, że test Tinela był pozytywny u 73,9% osób z grupy mającej pracę obciążającą ręce i tylko u 3,6% osób z grupy kontrolnej. Pozytywny wynik testu Phalena stwierdzono odpowiednio w 50,7% i 3,6%. Elektroneurograficzne cechy uszkodzenia nerwu pośrodkowego stwierdzono u 26,1% osób z obciążającą pracą, przy czym nie występowały one u pracowników sekretariatów i kontroli jakości. Wykazano też, że występowanie objawów Tinela i Phalena było względnie większe wśród osób mających krótki staż pracy (poniżej 7 lat), zaś zaburzenia przewodnictwa w nerwie pośrodkowym u osób z długim stażem (powyżej 7 lat).

Pracownicy ochrony zdrowia to kolejna, różnorodna grupa zawodowa, w której sposób wykonywania wielu czynności stwarza ryzyko występowania dolegliwości i uszkodzeń w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego, szczególnie kręgosłupa w jego części lędźwiowo-krzyżowej oraz szyjnej, a także barków, łokci i rąk. Najczęściej są opisywane dolegliwości występujące wśród pielęgniarek w związku z koniecznością przemieszczania pacjentów (50,51), u personelu sal operacyjnych (52) jako konsekwencja obciążeń statycznych, a także u lekarzy wykonujących badania ultrasonograficzne i lekarzy dentyków jako konsekwencja wad ergonomicznych stanowiska pracy (51,53–56). Natomiast częstość rozpoznanych przypadków zespołu cieśni nadgarstka nie jest duża. Wśród lekarzy wykonujących badania ultrasonograficzne jego występowanie określano na 3–4,5% (57,58).

W badaniach przeprowadzonych wśród amerykańskich lekarzy dentyków stwierdzono, że częstość CTS jest podobna jak w populacji generalnej, gdyż kliniczne objawy CTS występowały tylko u 4,8% spośród 1079 przebadanych w tym kierunku (59). Z nieco większą częstością, ocenianą na 7–8,4%, zespół ten występował u asystentek stomatologicznych i higienistek (60,61). Podwyższone ryzyko CTS stwierdzono u pielęgniarek i asystentek anestezjologicznych — częstość występowania zespołu w tej grupie określono na 15,6%, zaś u innych pielęgniarek pracujących na bloku operacyjnym — na 5,5% (62).

Związek występowania CTS ze sposobem wykonywania pracy bywa również negowany. Jako przykład może służyć analiza 327 przypadków CTS leczonych w oddziale chirurgii ręki w jednym ze szpitali

w Londynie (63). Badaną grupę stanowiły wyłącznie kobiety w wieku produkcyjnym. Podzielono je na trzy podgrupy — niepracujące zawodowo (110 kobiet), pracujące na stanowiskach wymagających wykonywania powtarzalnych czynności (55 kobiet) i pracujące na innych stanowiskach (162 kobiety). Średnia wartość wieku była w tych podgrupach podobna (ok. 46 lat). Częstość występowania CTS w grupie kobiet niepracujących oceniono na 129/100 000/rok, w grupie kobiet wykonujących powtarzalne czynności na 122/100 000/rok, a w grupie kobiet pracujących na innych stanowiskach na 220/100 000/rok. W tej ostatniej grupie najczęściej przypadków (82%) wymagało leczenia operacyjnego, podczas gdy u kobiet wykonujących powtarzalne czynności częstość operacji wynosiła 67%, a u kobiet niepracujących — 58%. Subiektywne objawy i cechy niesprawności kończyn były najbardziej nasilone u kobiet niepracujących zawodowo. Podsumowując wyniki swych badań, autorzy stwierdzili, że praca wymagająca powtarzalnych ruchów, jak i praca na innych stanowiskach nie jest przyczyną, nie nasila i nie przyspiesza występowania CTS.

Innym dowodem na brak ścisłej zależności między sposobem wykonywania pracy a powstawaniem CTS mogą być obserwacje Nathana i wsp. (33). Badając 471 pracowników — przedstawicieli 27 zawodów w 4 zakładach pracy — u 39% stwierdzili oni obniżenie szybkości przewodnictwa we włóknach czuciowych nerwu pośrodkowego. Nie stwierdzono jednak istotnych zależności między rodzajem i intensywnością wysiłku rąk a częstością i wielkością obniżenia przewodnictwa. Ponadto nie stwierdzono by obustronne obniżenie przewodnictwa było skorelowane z obciążeniem obu rąk podczas pracy, nie miał na to wpływu także staż pracy. Przeprowadzając badania wśród tych samych pracowników po 5 latach stwierdzono, że częstość występowania CTS w najbardziej obciążonej grupie była taka sama, jak w najmniej obciążonej grupie w pierwszym badaniu (33). Ten „ubytek częstości” CTS można wytłumaczyć odchodzeniem z pracy osób z dolegliwościami, które istotnie utrudniają wykonywanie obciążającej pracy.

Częstość występowania CTS w populacji generalnej

Częstość występowania zespołu cieśni nadgarstka w populacji generalnej była przedmiotem kilku badań. De Krom i wsp. oceniają, że zespół ten występuje u 8% kobiet i 0,6% mężczyzn (64). Atroshi i wsp. przeprowadzili badania ankietowe w wylosowanej próbie 3000 mieszkańców południowej Szwecji (65). Na ankietę

odpowiedziało 83% osób (n = 2466). Spośród nich dolegliwości w postaci bólu, drętwienia i mrowienia w okolicach ręki zaopatrywanych przez nerw pośrodkowy zgłosiły 354 osoby (14,4%). Badania kliniczne przeprowadzono u 81% z nich — klinicznie objawy CTS występowały u 3,8%, neuropatię nerwu pośrodkowego na podstawie badań elektroneurograficznych stwierdzono u 4,9%. Ostatecznie rozpoznanie CTS na podstawie objawów klinicznych i badań neurograficznych postawiono u 2,7% osób.

Częstość występowania CTS w populacji generalnej oceniano również w inny sposób. Rossignol i wsp. określili liczbę operacji odbarczenia nadgarstka w populacji mieszkańców Montrealu w wieku 20–64 lata (66). W całej populacji takich operacji było 0,9/1000. Standaryzowany wskaźnik częstości (SIR) wśród mężczyzn będących pracownikami fizycznymi wynosił 1,9, a wśród kobiet — 1,8. Obliczono, że wykonywanie pracy zawodowej odpowiada za 55% zmienności częstości występowania CTS u kobiet i za 76% u mężczyzn.

Niezawodowe czynniki ryzyka występowania CTS

Czynnikami ryzyka CTS są te choroby lub okoliczności, które powodują zmianę architektury kanału nadgarstka, a przynajmniej obrzęk tkanek, co jest przyczyną ucisku na nerw pośrodkowy. Jako przyczynę CTS wymienia się reumatoidalne zapalenie stawów, złamanie Collesa — złamanie z przemieszczeniem (67–69), a także niedoczynność tarczycy (OR = 3,70; p = 0,02), otyłość (OR = 1,77; p = 0,02) i cukrzyca (OR = 3,02; p = 0,03) (70).

Płeć

Zespół cieśni nadgarstka występuje częściej u kobiet niż u mężczyzn. Po przeanalizowaniu licznych publikacji Treaster i Burr (71) stwierdzili, że kiedy uwzględnia się dane surowe, częstość występowania u kobiet CTS jest o 1,1–41 razy większa niż u mężczyzn. Przewaga ta zmniejsza się jednak po uwzględnieniu czynników zakłócających, takich jak wiek oraz dochód, i wynosi wówczas 0,6–2,87 razy.

Częstość występowania CTS u kobiet jest w dużym stopniu zależna od zmian hormonalnych. Rośnie wśród tych kobiet, u których wykonano obustronną owariektomię (69,72), u będących w okresie menopauzy (38,73), stosujących hormonalną terapię zastępczą (74), doustne środki antykoncepcyjne (75) oraz u będących w ciąży (76). U kobiet CTS jest często kolejną dolegliwością ze strony układu ruchu — występowanie innych dole-

gliwości jest istotnym czynnikiem ryzyka (OR = 1,98; 95% CI = 1,61–2,42) (77).

U mężczyzn niezawodowym czynnikiem ryzyka CTS są żyłaki (38).

Wiek

Czynność obwodowych nerwów pogarsza się z wiekiem. Stwierdzono zwiększenie częstości występowania CTS wraz z wiekiem u mężczyzn. U kobiet szczyt częstości występowania przypada na wiek 45–54 lata (co odpowiada okresowi menopauzy), a następnie się zmniejsza (78).

Cechy antropometryczne jako czynniki ryzyka CTS

Do wystąpienia CTS predysponuje mały nadgarstek, a właściwie mała przestrzeń w kanale nadgarstka. Przestrzeń tę oblicza się według wzoru:

$$RS = [(C_c - C_t)/C_c] 100\%, \quad [1]$$

gdzie:

C_c — powierzchnia przekroju kanału nadgarstka,

C_t — powierzchnia przekroju ścięgien.

Przestrzeń w kanale nadgarstka jest mniejsza u kobiet niż u mężczyzn. Dowodem na znaczenie wielkości przestrzeni jest to, że przestrzeń w kanale nadgarstka była istotnie mniejsza u kobiet z CTS niż u kobiet bez dolegliwości (79). Ponadto mały nadgarstek umożliwia większą ruchomość w stawie, a przez to możliwość przyjmowania bardziej skrajnych pozycji stanowiących ryzyko CTS.

Analizując znaczenie innych cech antropometrycznych w rozwoju CTS, stwierdzono, że ryzyko zmniejsza się wraz z długością ramion i samych rąk, a zwiększa się wraz ze zmniejszaniem rozmiarów nadgarstka (80). Zdaniem Boz i wsp. rozmiary nadgarstka i palców są istotnym czynnikiem ryzyka CTS u kobiet, ale nie u mężczyzn (81).

Poważnym czynnikiem ryzyka CTS jest też otyłość. Stwierdzono, że ryzyko rośnie o 8% na każdą jednostkę wskaźnika BMI (82), jednakże mechanizm tego wzrostu wymaga wyjaśnienia. Vessey i wsp. (75) stwierdzili dwukrotnie większe ryzyko rozwoju CTS u kobiet otyłych w porównaniu ze szczupłymi. Nathan i wsp. (34) zaobserwowali dodatnią korelację między wartością wskaźnika BMI a wzrostem ryzyka występowania neuropatii nerwu pośrodkowego. Podobnie Werner i wsp. (83) stwierdzili, że wśród osób sklasyfikowanych jako otyłe (BMI > 29) neuropatia nerwu pośrodkowego występowała 2,5-krotnie częściej niż wśród osób szczupłych (BMI < 20). Natomiast Kouyoumdjian i wsp. (84) nie zaobserwowali występowania korelacji między BMI a czasem latencji stwierdzonym podczas badania

elektroencefalograficznego. Potwierdzili natomiast związek występowania CTS z masą ciała. W badanej przez nich grupie 141 osób z CTS wskaźnik masy ciała wynosił $28,4 \pm 4,8$, zaś w dobranej pod względem wieku i płci grupie 243 osób bez takich dolegliwości był istotnie mniejszy i wynosił $25,4 \pm 4,7$.

Inne niezawodowe czynniki ryzyka CTS

Obok cech antropometrycznych udowodniono znaczenie cech stylu życia. Nathan i wsp. (85) stwierdzili, że wśród pracowników, u których rozpoznano CTS było o 26% więcej palących papierosy, o 19% była większa liczba papierosów wypalonych w życiu, o 5% większe spożycie kofeiny, o 14% mniejsze aktualne spożycie alkoholu, ale o 75% większa częstość upijania się nim. Wszystkie te różnice w porównaniu z grupą pracowników niecierpiących na CTS były statystycznie istotne. Najwyższe ryzyko CTS było u tych, u których występował nałóg spożywania dużych ilości kofeiny lub palenia tytoniu i spożywania kofeiny. Mimo tego, że czynniki te miały istotne znaczenie, wyjaśniały jedynie 3–5% wariacji częstości występowania CTS.

Wśród indywidualnych czynników ryzyka CTS wymienia się również hipercholesterolemię. LDL cholesterol ma udział w fibrynogenezie i jest prawdopodobne, że czynnik ten odpowiada również za proliferację tkanki łącznej w samym nerwie pośrodkowym. Stwierdzono, że powierzchnia nerwu w ultrasonograficznym obrazie przekroju nadgarstka i częstość występowania CTS są skorelowane z poziomem LDL cholesterolu w surowicy (86).

Niedoczynność tarczycy jest uznanym czynnikiem ryzyka CTS. Częstość występowania klinicznych objawów CTS u pacjentów z niedoczynnością tarczycy jest duża nawet wówczas, gdy są oni w stanie biochemicznie zdiagnozowanej eutyreozy. Natomiast częstość elektroencefalograficznych zaburzeń typowych dla CTS jest w tej grupie pacjentów mniejsza od oczekiwanej. Palumbo i wsp. stwierdzili, że wśród 26 pacjentów z niedoczynnością tarczycy 19 miało subiektywne, a 16 kliniczne objawy CTS. Natomiast zmiany elektroencefalograficzne wykazano tylko u 6 z nich. Wśród 24 zdrowych ochotników, stanowiących grupę kontrolną, nie stwierdzono zaburzeń przewodzenia w nerwie pośrodkowym, a tylko u 2 miało kliniczne objawy CTS (87).

PODSUMOWANIE

Przedstawione dane o częstości występowania i czynnikach ryzyka zespołu cieśni nadgarstka wskazują na te cechy pracy, które mogą stać się przyczyną rozwoju tego

schorzenia. Niewłaściwe jest więc szacowanie obciążenia kończyn górnych podczas pracy tylko pośrednio, poprzez nazwanie wykonywanego zawodu. Taka ocena może stać się przyczyną niedoszacowania lub przeszacowania obciążenia, ponieważ na stanowiskach takich samych z nazwy różna może być organizacja pracy, różny zakres czynności i różny sposób ich wykonywania.

W ujawnieniu tła zawodowego CTS może ułatwić uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania (88):

1. Czy wykonywana aktualnie praca jest typową pracą ręczną?
2. Czy podczas pracy częściej niż 2 razy na minutę wykonujesz ruchy zginania i prostowania ręki lub poruszasz nią w płaszczyźnie poziomej (odchylenie łokciowe i promieniowe), lub też wykonujesz ruch obracania ręką dłońią do góry i na dół (odwracanie i nawracanie)?
3. Czy wykonujesz ruch uderzania palcami (tak jak podczas pisania na maszynie) częściej niż 2 razy na minutę?
4. Czy przez ponad 4 godziny w ciągu dnia wykonujesz ręką takie same (powtarzające się) ruchy?
5. Czy trzymasz lub przenosisz w ręce obiekty ważące więcej niż 5 kg wtedy, gdy wykonujesz czynności opisane w punktach 2., 3. lub 4.?
6. Czy posługujesz się narzędziami wibrującymi przez większość dnia pracy?

Każda odpowiedź „tak” wskazuje na występowanie ryzyka CTS. Liczba twierdzących odpowiedzi wynosząca 0–2 oznacza, że ryzyko jest małe, 3–4 — ryzyko jest umiarkowane, 5–6 — ryzyko jest duże. Ryzyko określone na podstawie relacji pacjenta powinno być potwierdzone szczegółową analizą stanowiska pracy i sposobu wykonywania pracy przez danego pracownika. Do analizy pracy należy się posługiwać metodami ilościowymi, takim jak np. Job Strain Index (32). Przydatność tego wskaźnika (SI) oceniona została w badaniach prospektywnych. Stwierdzono, że na stanowiskach, na których w czasie 1 roku nie pojawiały się nowe przypadki dolegliwości i zaburzeń funkcjonowania kończyn górnych pod postacią zapalenia nadkłykci, zespołu De Quervaina, zapalenia pochewek ścięgien lub zespołu cieśni nadgarstka, wartość wskaźnika SI pozostawała w granicach 0,5–4,5, średnio — 2,3. Natomiast na stanowiskach, na których pojawiały się nowe przypadki, wartości SI wynosiła 4,5–81, ze średnią 29. Różnice między średnimi były oczywiście statystycznie istotne. Te dane pozwoliły na sformułowanie wniosku, że bezpieczne są te stanowiska pracy, na których obciążenie rąk nie przekracza 5, problemy mogą pojawić się przy wyższych

obciążeniach. Bardziej ostrożna interpretacja granicę bezpieczeństwa wyznacza dla obciążeń < 3 , a granicę „problemów” dla > 7 . Zakres 3–7 jest ryzykiem akceptowalnym.

Ustalanie tła zawodowego CTS jest zasadne po wykluczeniu dominującego udziału niezawodowych czynników ryzyka tego zespołu.

PIŚMIENNICTWO

1. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 lipca 2002 r. w sprawie wykazu chorób zawodowych, szczegółowych zasad postępowania w sprawach zgłaszania podejrzenia, rozpoznawania i stwierdzania chorób zawodowych oraz podmiotów właściwych w tych sprawach. (DzU z 2002 r. nr 132, poz. 1115)
2. Hedge A., Powers J.R.: Wrist postures while keyboarding: effects of a negative slope keyboard system and full motion forearm supports. *Ergonomics* 1995;38(3):508–517
3. Feuerstein M., Armstrong T., Hickey P., Lincoln A.: Computer keyboard force and upper extremity symptoms. *J. Occup. Environ. Med.* 1997;39(12):1144–1153
4. Ostrem T.: Strong, balanced muscles can prevent CTS. *Occup. Health Safety* 1995;64(9):47–49
5. Keir P.J., Bach J.M., Rempel D.M.: Effects of finger posture on carpal tunnel pressure during wrist motion. *J. Hand Surg. [Am.]* 1998;23(6):1004–1009
6. Gelberman R.H., Hergrenroeder P.T., Hargens A.R., Lundborg G.N., Akeson W.H.: The carpal tunnel syndrome. A study of carpal canal pressures. *J. Bone Joint Surg. [Am.]* 1981;63(3):380–383
7. Seradge H., Jia I.C., Owens W.: *In vivo* measurement of carpal tunnel pressure in the functioning hand. *J. Hand Surg. [Am.]* 1995;20(5):855–859
8. Keir P.J., Bach J.M.: Flexor muscle incursion into the carpal tunnel: a mechanism for increased carpal tunnel pressure? *Clin. Biomech. [Bristol, Avon]* 2000;15(5):301–305
9. Cobb T.K., An K.N., Cooney W.P.: Effect of lumbrical muscle incursion within the carpal tunnel on carpal tunnel pressure: A cadaveric study. *J. Hand Surg. [Am.]* 1995;20(2):186–192
10. Keir P.J., Bach J.M., Rempel D.M.: Fingertip loading and carpal tunnel pressure: differences between a pinching and a pressing task. *J. Orthop. Res.* 1998;16(1):112–115
11. Yamaguchi D.M., Lipscomb P.R., Soule E.H.: Carpal tunnel syndrome. *Minn. Med.* 1965;48:22–33
12. Werner R., Armstrong T.J., Bir C., Aylard M.K.: Intracarpal canal pressures: the role of finger, hand, wrist and forearm position. *Clin. Biomech. [Bristol, Avon]* 1997;12(1):44–51
13. ANSI/HFS Standard No. 100-1988. The American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations is a comprehensive standard covering all aspects of the VDT workstation, including the working environment, the visual display, the keyboard, furniture, and measurement techniques (ordering information). <http://www.osha.gov/SLTC/ergonomics/resources.html>
14. Serina E.R., Tal R., Rempel D.: Wrist and forearm postures and motions during typing. *Ergonomics* 1999;42(7):938–951

15. Hedge A., Morimoto S., McCrobie D.: Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. *Ergonomics* 1999;42(10):1333–1349
16. Nelson J.E., Treaster D.E., Marras W.S.: Finger motion, wrist motion and tendon travel as a function of keyboard angles. *Clin. Biomech.* [Bristol, Avon] 2000;15(7):489–498
17. Marklin R.W., Simoneau G.G.: Effect of setup configuration of split computer keyboard on wrist angle. *Physical Therapy* 2001;81(4):1038–1048
18. Treaster D.E., Marras W.S.: An assessment of alternate keyboards using finger motion, wrist motion and tendon travel. *Clin. Biomech.* [Bristol, Avon] 2000;15(7):499–503
19. Keir P.J., Bach J.M., Rempel D.: Effects of computer mouse design and task on carpal tunnel pressure. *Ergonomics* 1999;42(10):1350–1360
20. Lincoln A.E., Vernick J.S., Ogaitis S., Smith G.S., Mitchell C.S., Agnew J.: Interventions for the primary prevention of work-related carpal tunnel syndrome. *Am. J. Prev. Med.* 2000;18(supl. 4):37–50
21. Horie S., Hargens A., Rempel D.: The effect of keyboard wrist rest in preventing carpal tunnel syndrome. Paper presented at the Proceedings of American Public Health Association Annual meeting, San Francisco, 1993
22. Andersen J.H., Thomsen J.F., Overgaard E., Lassen C.F., Brandt L.P., Vilstrup I., Kryger A.I., Mikkelsen S.: Computer use and carpal tunnel syndrome: a 1-year follow-up study. *JAMA* 2003;289(22):2963–2969
23. Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J.: Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *Am. J. Ind. Med.* 1987;11(3):343–358
24. Bao S., Spielholz P., Hovard N., Silverstein B.: Quantifying repetitive hand activity for epidemiological research on musculoskeletal disorders — Part I: individual exposure assessment. *Ergonomics*, 2006;49(4):361–380
25. Latko W.A., Armstrong T.J., Franzblau A., Ulin S.S., Werner R.A., Albers J.W.: Cross-sectional study of the relationship between repetitive work and the prevalence of upper limb musculoskeletal disorders. *Am. J. Ind. Med.* 1999;36(2):248–259
26. Stock S.R.: Workplace ergonomics factors and the development of musculoskeletal disorders of the neck and upper limbs: a meta-analysis. *Am. J. Ind. Med.* 1991;19(1):87–107
27. Chiang H., Chen S., Yu H., Ko Y.: The occurrence of carpal tunnel syndrome in frozen food factory employees. *Kao Hsiung J. Med. Sci.* 1990;6(2):73–80
28. Chiang H.C., Ko Y.C., Chen S.S., Yu H.S., Wu T.N., Chang P.Y.: Prevalence of shoulder and upper-limb disorders among workers in the fish-processing industry. *Scand. J. Work Environ. Health* 1993;19(2):126–31
29. Falkiner S.: Diagnosis and treatment of hand-arm vibration syndrome and its relationship to carpal tunnel syndrome. *Aust. Fam. Physician* 2003;32(7):530–534
30. McCormack R.R. Jr, Inman R.D., Wells A., Berntsen C., Imbus H.R.: Prevalence of tendinitis and related disorders of the upper extremity in a manufacturing workforce. *J. Rheumatol.* 1990;17(7):958–964
31. Moore J.S., Garg A.: Upper extremity disorders in a pork processing plant: Relationships between job risk factors and morbidity. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1994;55(8):703–715
32. Moore J.S., Garg A.: The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1995;56(5):443–458
33. Nathan P.A., Meadows K.D., Doyle L.S.: Occupation as a risk factor for impaired sensory conduction of the median nerve at the carpal tunnel. *J. Hand Surg. [Br.]* 1988;13(2):167–170
34. Nathan P.A., Keniston R.C., Myers L.D., Meadows K.D.: Obesity as a risk factor for slowing of sensory conduction of the median nerve in industry: a cross-sectional and longitudinal study involving 429 workers. *J. Occup. Med.* 1992;34(4):379–383
35. Schottland J.R., Kirschberg G.J., Fillingim R., Davis V.P., Hogg F.: Median nerve latencies in poultry processing workers: an approach to resolving the role of industrial “cumulative trauma” in the development of carpal tunnel syndrome. *J. Occup. Med.* 1991;33(5):627–631
36. Stetson D.S., Silverstein B.A., Keyserling W.M., Wolfe R.A., Albers J.W.: Median sensory distal amplitude and latency: comparisons between nonexposed managerial/ professional employees, and industrial workers. *Am. J. Ind. Med.* 1993;24(2):175–189
37. Tanaka S., Wild D.K., Cameron L.L., Freund E.: Association of occupational and non-occupational risk factors with the prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome in a national survey of the working population. *Am. J. Ind. Med.* 1997;32(5):550–556
38. De Krom M.C., Kester A.D., Knipschild P.G., Spaans F.: Risk factors for carpal tunnel syndrome. *Am. J. Epidemiol.* 1990;132(6):1102–1110
39. Loslever P., Ranaivosoa A.: Biomechanical and epidemiological investigation of carpal tunnel syndrome at workplaces with high risk factors. *Ergonomics* 1993;36(5):537–555
40. Armstrong T.J., Chaffin D.B.: Carpal tunnel syndrome and selected personal attributes. *J. Occup. Med.* 1979;21(7):481–486
41. Roquelaure Y., Mechali S., Dano C., Fanello S., Benetti F., Bureau D. i wsp.: Occupational and personal risk factors for carpal tunnel syndrome in industrial workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 1997; 23(5):364–369
42. Blanc P.D., Faucett J., Kennedy J.J., Cisternas M., Yelin E.: Self-reported carpal tunnel syndrome: predictors of work disability from the National Health Interview Survey Occupational Health Supplement. *Am. J. Ind. Med.* 1996;30(3):362–368
43. Hagberg M., Morgenstern H., Kelsh M.: Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health* 1992;18(6):337–345
44. Frost P., Andersen J.H., Nielsen V.K.: Occurrence of carpal tunnel syndrome among slaughterhouse workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 1998;24(4):285–292
45. Roquelaure Y., Mariel J., Dano C., Fanello S., Penneau-Fontbonne D.: Prevalence, incidence and risk factors of carpal tunnel syndrome in a large footwear factory. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2001;14(4):357–367
46. Osorio A.M., Ames R.G., Jones J., Castorina J., Rempel D., Estrin W., Thompson D.: Carpal tunnel syndrome among grocery store workers. *Am. J. Ind. Med.* 1994;25(2):229–245

47. Yagev Y., Carel R.S., Yagev R.: Assessment of work-related risks factors for carpal tunnel syndrome. *Isr. Med. Assoc. J.* 2001;3(8):569–371
48. Leclerc A., Franchi P., Cristofari M.F., Delemotte B., Mereau P., Teyssier-Cotte C., Touranchet A.: Carpal tunnel syndrome and work organization in repetitive work: a cross sectional study in France. Study Group on Repetitive Work. *Occup. Environ. Med.* 1998;55(3):180–187
49. Kim J.Y., Kim J.I., Son J.E., Yun S.K.: Prevalence of carpal tunnel syndrome in meat and fish processing plants. *J. Occup. Health* 2004;46(3):230–234
50. Józwiak Z., Krawczyk-Adamus P., Makowiec-Dąbrowska T., Siedlecka J.: Effectiveness of preventive programme designed to reduce back pain in nurses. *J. UOEH* 2006;28(supl.):246–250
51. Battevi N, Menoni O, Ricci MG, Cairoli S.: MAPO index for risk assessment of patient manual handling in hospital wards: a validation study. *Ergonomics* 2006;49(7):671–687
52. Kant IJ, de Jong LC, van Rijssen-Moll M, Borm PJ.: A survey of static and dynamic work postures of operating room staff. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1992;63(6):423–428
53. Magnavita N, Bevilacqua L, Mirk P, Fileni A, Castellino N.: Work-related musculoskeletal complaints in sonologists. *J. Occup. Environ. Med.* 1999;41(11):981–988
54. Krawczk-Adamus P, Józwiak Z., Makowiec-Dabrowska T, Wiszniewska M, Jakubowski M.: Musculoskeletal load among ultrasonographers. *J. UOEH*, 2006;28(supl.):258–262
55. Alexopoulos EC, Stathi IC, Charizani F.: Prevalence of musculoskeletal disorders in dentists. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2004;95:16
56. Yamalik N.: Musculoskeletal disorders (MSDs) and dental practice Part 2. Risk factors for dentistry, magnitude of the problem, prevention, and dental ergonomics. *Int. Dent. J.* 2007;57(1):45–54
57. Vanderpool H.E., Friis E.A., Smith B.S., Harms K.L.: Prevalence of carpal tunnel syndrome and other work-related musculoskeletal problems in cardiac sonographers. *J. Occup. Med.* 1993;35(6):604–610
58. Schoenfeld A, Goverman J, Weiss DM, Meizner I.: Transducer user syndrome: an occupational hazard of the ultrasonographer. *Eur. J. Ultrasound.* 1999;10(1):41–45
59. Hamann C., Werner R.A., Franzblau A., Rodgers P.A., Siew C., Gruninger S.: Prevalence of carpal tunnel syndrome and median mononeuropathy among dentists. *J. Am. Dent. Assoc.* 2001;132(2):163–170
60. Werner R.A., Hamann C., Franzblau A., Rodgers P.A.: Prevalence of carpal tunnel syndrome and upper extremity tendinitis among dental hygienists. *J. Dent. Hyg.* 2002;76(2):126–132
61. Anton D., Rosecrance J., Merlino L., Cook T.: Prevalence of musculoskeletal symptoms and carpal tunnel syndrome among dental hygienists. *Am. J. Ind. Med.* 2002;42(3):248–57
62. Diaz J.H.: Carpal tunnel syndrome in female nurse anesthetists versus operating room nurses: prevalence, laterality, and impact of handedness. *Anesth. Analg.* 2001;93(4):975–980
63. Dias J.J., Burke F.D., Wildin C.J., Heras-Palou C., Bradley M.J.: Carpal tunnel syndrome and work. *J. Hand Surg. [Br.]* 2004;29(4):329–233
64. De Krom M.C., Knipschild P.G., Kester A.D., Thijs C.T., Boek-kooi P.F., Spaans F.: Carpal tunnel syndrome: prevalence in the general population. *J. Clin. Epidemiol.* 1992;45(4):373–376
65. Atroshi I., Johnsson R., Sprinchorn A.: Self-administered outcome instrument in carpal tunnel syndrome. Reliability, validity and responsiveness in 102 patients. *Acta Orthop. Scand.* 1998;69(1):82–88
66. Rossignol M., Stock S., Patry L., Armstrong B.: Carpal tunnel syndrome: what is attributable to work? The Montreal study. *Occup. Environ. Med.* 1997;54(7):519–523
67. Gray R.G., Gottlieb N.L.: Hand flexor tenosynovitis in rheumatoid arthritis. Prevalence, distribution, and associated rheumatic features. *Arthritis Rheum.* 1977;20(4):1003–1008
68. Chapman D.R., Bennett J.B., Bryan W.J., Tullos H.S.: Complications of distal radial fractures: pins and plaster treatment. *J. Hand Surg. [Am.]* 1982;7(5):509–512
69. Stevens J.C., Beard C.M., O'Fallon W.M., Kurland L.T.: Conditions associated with carpal tunnel syndrome. *Mayo Clin. Proc.* 1992;67(6):541–548
70. Karpitskaya Y., Novak C.B., Mackinnon S.E.: Prevalence of smoking, obesity, diabetes mellitus, and thyroid disease in patients with carpal tunnel syndrome. *Ann. Plast. Surg.* 2002;48(3):269–273
71. Treaster D.E., Burr D.: Gender differences in prevalence of upper extremity musculoskeletal disorders. *Ergonomics* 2004;47(5):495–526
72. Cannon L.J., Bernacki E.J., Walter S.D.: Personal and occupational factors associated with carpal tunnel syndrome. *J. Occup. Med.* 1981;23(4):255–258
73. Björkqvist S.E., Lang A.H., Punnonen R., Rauramo L.: Carpal Tunnel syndrome in ovariectomized women. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 1977;56(2):127–130
74. Dieck G.S., Kelsey J.L.: An epidemiologic study of the carpal tunnel syndrome in an adult female population. *Prev. Med.* 1985;14(1):63–69
75. Vessey M.P., Villard-Mackintosh L., Yeates D.: Epidemiology of carpal tunnel syndrome in women of childbearing age. Findings in a large cohort study. *Int. J. Epidemiol.* 1990;19(3):655–659
76. Padua L., Aprile I., Caliendo P., Carboni T., Meloni A., Massi S. i wsp.: Italian Carpal Tunnel Syndrome Study Group: Symptoms and neurophysiological picture of carpal tunnel syndrome in pregnancy. *Clin. Neurophysiol.* 2001;112(10):1946–1951
77. Ferry S., Hannaford P., Warskyj M., Lewis M., Croft P.: Carpal tunnel syndrome: a nested case-control study of risk factors in women. *Am. J. Epidemiol.* 2000;151(6):566–574
78. Stallings S.P., Kasdan M.L., Soergel T.M., Corwin H.M.: A case control study of obesity as a risk factor for carpal tunnel syndrome in a population of 600 patients presenting for independent medical examination. *J. Hand Surg. [Am.]* 1997;22(2):211–215
79. Jessurun W., Hillen B., Zonneveld F., Huffstadt A.J., Beks J.W., Overbeek W.: Anatomical relations in the carpal tunnel: a computed tomographic study. *J. Hand Surg. [Br.]* 1987;12(1):64–67
80. Matias A.C., Salvendy G., Kuczek T.: Predictive models of carpal tunnel syndrome causation among VDT operators. *Ergonomics* 1998;41(2):213–226
81. Boz C., Ozmenoglu M., Altunayoglu V., Velioglu S., Alioglu Z.: Individual risk factors for carpal tunnel syndrome: an evaluation

- of body mass index, wrist index and hand anthropometric measurements. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2004;106(4):294–299
82. Nordstrom D.L., Vierkant R.A., DeStefano F., Layde P.M.: Risk factors for carpal tunnel syndrome in a general population. *Occup. Environ. Med.* 1997;54(10):734–740
83. Werner R.A., Albers J.W., Franzblau A., Armstrong T.J.: The relationship between body mass index and the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1994;17(6):632–636
84. Kouyoumdjian J.A., Morita M.A., Rocha P.R., Miranda R.C., Gouveia G.M.: Body mass index and carpal tunnel syndrome. *Arq. Neuropsiquiatr.* 2000;58(2A):252–256
85. Nathan P.A., Keniston R.C., Meadows K.D.: Occupation as a risk factor for impaired sensory conduction of the median nerve at the carpal tunnel. *J. Hand Surg. [Br.]* 1996;21(5):701–702
86. Nakamichi K., Tachibana S.: Hypercholesterolemia as a risk factor for idiopathic carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2005;32(3):364–367
87. Palumbo C.F., Szabo R.M., Olmsted S.L.: The effects of hypothyroidism and thyroid replacement on the development of carpal tunnel syndrome. *J. Hand Surg. [Am.]* 2000;25(4):734–739
88. Kao S.Y.: Carpal tunnel syndrome as an occupational disease. *Am. Board. Fam. Pract.* 2003;16(6):533–542