

Łuboslav DULINA*



PROJEKTOWANIE ERGONOMICZNYCH STANOWISK PRACY – ERGONOMIA PREDYKCYJNA

Streszczenie

Rozdział przedstawia współczesne tendencje w projektowaniu ergonomicznych stanowisk pracy z szczególnym uwzględnieniem pozycji pracy. Miejsca pracy związane z pozycją siedzącą zaczynają dominować również na stanowiskach produkcyjnych, głównie ze względu na potrzebę minimalizacji obciążenia fizycznego pracowników oraz postępującą automatyzację i robotyzację procesów. Długotrwała praca siedząca powoduje jednak, również niekorzystną, kumulację obciążeń statycznych, których analizę przedstawiono w kolejnych punktach niniejszego rozdziału.

5.1. WPROWADZENIE

W czasach, gdy rynek pracy nie był tak elastyczny jak dzisiaj, rola ergonomii i projektantów stanowisk pracy była jednoznaczna – na podstawie empirycznie określonych wymiarów ciała ludzkiego dla określonej grupy etnicznej oraz na podstawie normalnych rozkładów statystycznych, projektowano miejsca pracy dostosowane dla szerokiego grona pracowników. Warunkiem wstępnym było jednak względne podobieństwo grupy etnicznej w organizacji.

Nawet dzisiaj standardowe miejsca pracy są projektowane na podstawie percentyli wyznaczonych z rozkładu normalnego. Jednak wykorzystywane do tego celu atlasy antropometryczne, zawierające podstawowe wymiary ludzkiego ciała dla określonej grupy etnicznej i płci, z których wywodzą się parametry projektowania miejsc pracy, są często przestarzałe i nieodpowiednie do wykorzystania w dzisiejszej mieszance kulturowej społeczeństwa. W społeczeństwie coraz częściej występują górne i dolne ekstrema antropometryczne. Dzieci są często wyższe od rodziców w porównaniu z poprzednimi pokoleniami, występuje duża zmienność sprawności fizycznej, a wraz z tymi zmianami na przestrzeni pokoleń zmienia się również sposób wykonywania czynności zawodowych.

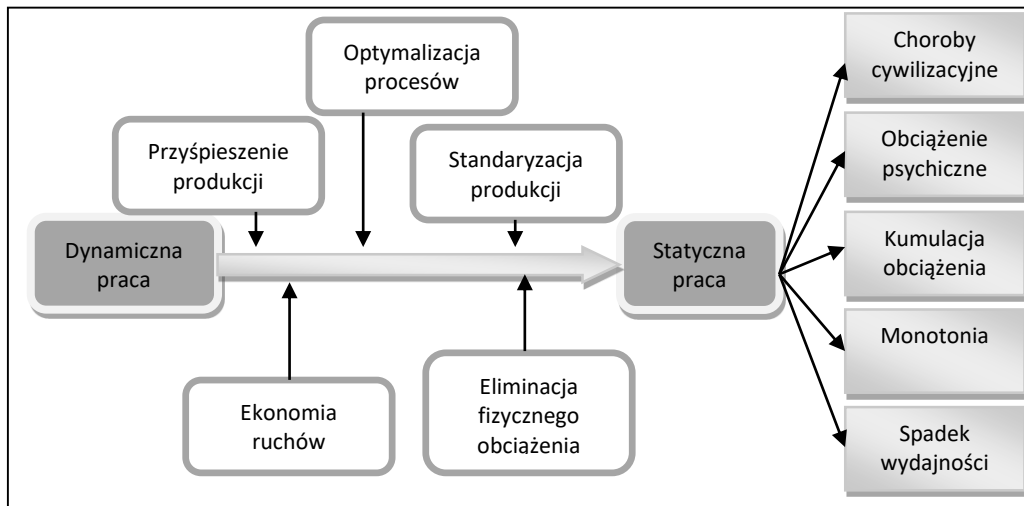
* prof. Ing. PhD., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Katedra Inżynierii Produkcji, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: ldulina@ath.bielsko.pl

Obecny trend zmian w działalności zawodowej wskazuje na ciągły wzrost obserwowany od kilku pokoleń, zawodów w których główną pozycją pracy jest siedzenie. Ten trend jest bezpośrednio związany z postępem technologicznym i rozwojem społeczeństwa. Od niepamiętnych czasów człowiek starał się ułatwić sobie pracę, nie inaczej jest dzisiaj. Automatyzacja, komputeryzacja i robotyzacja stopniowo wypierają pracę ręczną i zastępują ją pracą umysłową. Tym samym na rynku pracy zaczynają dominować zawody takie jak programista, informatyk, analityk, projektant, konstruktor czy kierownik projektu.

Miejsca pracy związane z pozycją siedzącą projektowane zgodnie z obowiązującymi normami są nieodpowiednie dla obecnej populacji. Pracownicy często napotykają problemy z ograniczoną możliwością ustawienia poszczególnych elementów stanowiska pracy – stołu i krzesła. Ze względu na potrzebę dbania o wygląd biur pracownicy często są zmuszeni do dostosowania się do powierzonych im urządzeń i ustawiania ich zgodnie ze swoimi indywidualnymi potrzebami. Długotrwała praca siedząca w niewystarczająco przystosowanym miejscu pracy powoduje kumulację obciążeń statycznych. Konsekwencją tego jest przeciążenie i pojawienie się chorób układu kostno-mięśniowego, układu krążenia, układu nerwowego oraz pojawienie się zaburzeń czynnościowych narządów wewnętrznych [23].

Pojawienie się problemów zdrowotnych z powodu długotrwałego siedzenia bardzo trudno przypisać wyłącznie wykonywaniu siedzącego zawodu. Na każdą chorobę wpływa szereg czynników subiektywnych. W końcu nawet życie poza pracą jest obecnie w większym stopniu siedzące niż aktywne. Zadaniem pracodawców jest jednak eliminacja ewentualnych czynników ryzyka wpływających niekorzystnie na stan zdrowia pracowników w miejscu pracy. Ponieważ konsekwencje obciążenia statycznego ujawniają się dopiero po przekroczeniu subiektywnej granicy jego kumulacji, konieczne jest wdrożenie rozwiązań prewencyjnych na stanowiskach pracy. Jednym ze środków profilaktycznych może być stworzenie dynamicznego stanowiska pracy, które maksymalnie dostosowuje się do każdego pracownika, zapewnia odpowiedni poziom dynamiki pracy, a tym samym eliminuje efekt przeciążenia statycznego. Jednocześnie takie miejsce pracy będzie mogło gromadzić dane niezbędne do oceny wzorców siedzenia, które można wykorzystać do badań ergonomicznych i ciągłego doskonalenia nowych stanowisk pracy w celu poprawy humanizacji pracy i trwałości wykwalifikowanej siły roboczej.

Przyspieszenie produkcji, rozwój nowych technologii czy optymalizacja miejsc pracy i procesów pracy wymusza na pracownikach wykonywanie czynności o minimalnym zakresie ruchu (rys. 5.1.). W przypadku działalności produkcyjnej jest to precyzyjnie wyznaczona optymalna przestrzeń do pracy, a w obszarach pozaprodukcyjnych to zobowiązanie do pracy w pozycji siedzącej. Współczesna populacja ludzka przestaje się przemieszczać w czasie życia zawodowego i wolnego od pracy. Konsekwencje takiego stylu życia są znane od kilkudziesięciu lat. Do najważniejszych objawów zaliczamy: otyłość, choroby układu krążenia, zaburzenia postawy i wszechobecny stres, który pośrednio, ale znacząco wpływa na zdrowie populacji.



Rys. 5.1. Konsekwencje transformacji czynności zawodowych [19]

Zbyt duży ruch i obciążenie fizyczne (przy manipulacji ładunkiem) w pracy są ograniczane zgodnie z przepisami prawa, zasadami ergonomii, a także zasadami projektowania stanowisk pracy w inżynierii produkcji. Jednak obecnie następuje zmiana spojrzenia na to, co faktycznie wpływa na wydajność systemu produkcyjnego.

Jeśli człowiek wykonuje minimum ruchów i ma wszystkie narzędzia pracy w zasięgu rąk, to jest maksymalnie produktywny z punktu widzenia ekonomii ruchów, a co za tym idzie również płynnego przepływu produkcji. Liczba ruchów jest proporcjonalna do poświęconego czasu, dlatego zużywany czas decyduje o wydajności pracy, którą każdy inżynier produkcji stara się zmaksymalizować. Wraz ze zmniejszeniem liczby i zakresu ruchów wykonywanych przez człowieka, w których realizowane jest zadanie produkcyjne, wzrasta wydajność pracy.

Z badań wynika jednak, że podczas długotrwałego wykonywania takich czynności występuje obciążenie statyczne, a po przekroczeniu określonych przedziałów czasowych działania obciążenia statycznego następuje znaczny spadek wydajności pracy człowieka oraz pojawiają się choroby układu kostno-mięśniowego (MSD - z angielskiego Musculoskeletal Disorders). Niewielkie, ale długotrwałe obciążenie statyczne organizmu człowieka ma ogromny wpływ na jego zdrowie. Nowym zadaniem dla ergonomii jest znalezienie odpowiedniej granicy od podjęcia bardziej dynamicznej pracy, tak aby jednocześnie nie wpłynąć niekorzystnie na wydajność przebiegu produkcji i wyeliminować obciążenie statyczne.

Dynamizacja pracy jest ważna zarówno w zawodach produkcyjnych, jak i pozaprodukcyjnych. Jednak liczba zawodów wykonujących pracę siedzącą stale wzrasta we wszystkich sektorach gospodarki pod wpływem globalnego postępu technologicznego. Dlatego obecnie należy zwracać większą uwagę na dynamizację pracy z przewagą pozycji siedzącej.

Nagromadzenie obciążenia statycznego i wynikające z tego problemy zmęczeniowe lub zdrowotne można zminimalizować poprzez zdynamizowanie pracy. Istnieją trzy sposoby

na dynamiczną pracę podczas wykonywania pracy siedzącej. Pracownik może rozluźnić duże grupy mięśni pleców i jednocześnie zwiększyć krążenie krwi w mięśniach, przez:

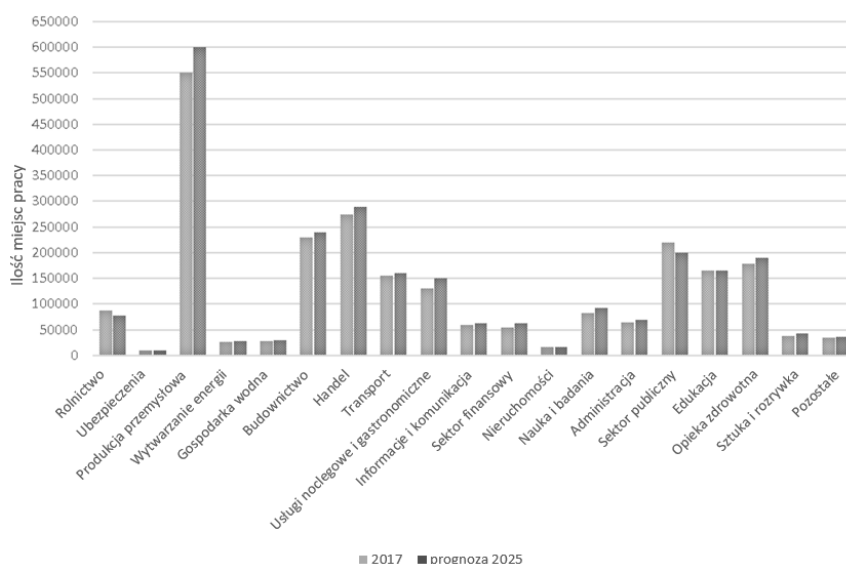
- regularne zmiany głównej pozycji roboczej – zmiana pozycji z siedzącej na stojącą. Tak znacząca zmiana charakteru stanowiska pracy wymaga specjalnych stołów z większą możliwością regulacji wysokości w porównaniu ze zwykłymi stołami ze stałą ustaloną wysokością. Jednocześnie konieczne jest zwiększenie powierzchni roboczej miejsca pracy.
- regularne pozycjonowanie poprzez dynamiczne siedzenie - dynamiczne siedzenie lub dynamiczne krzesła opierają się na zasadzie siedzenia na piłce fizjoterapeutycznej. Niestabilność piłki zapewnia aktywację mięśni w celu utrzymania równowagi, a tym samym poprawia krążenie krwi w mięśniach.
- tworzenie niestacjonarnych stanowisk pracy – pracownik nie ma przydzielonego własnego miejsca pracy. Tworzenie niestacjonarnych stanowiska pracy to trend ostatniej dekady. Charakteryzują się one tzw. współdzielonymi miejscami pracy, gdzie pracownik wybiera miejsce pracy zgodnie z aktualnym obciążeniem. Oznacza to, że po przybyciu do pracy usiądzie tam, gdzie jest wolne miejsce pracy. Jednocześnie na takich stanowiskach dostępne są sofory, fotele i pomieszczenia socjalne, gdzie również można pracować. W takim miejscu pracy dynamikę zapewnia właściwie różnorodność stanowisk. Jednak należy zaznaczyć, że taka forma stanowiska pracy może nie zapewnić wystarczającej eliminacji wpływu obciążenia statycznego, ponieważ stosunek pomiędzy statyczną i dynamiczną składową pracy nie jest kontrolowany i zarządzany.

Dynamizacja pracy w zawodach, w których dominuje siedzący tryb życia, nie może być zapewniona jedynie poprzez aktualnie dostępny sprzęt biurowy. Dlatego konieczne jest stworzenie miejsca pracy, które będzie w stanie reagować na zmienność ludzkiego ciała, zapewnić niezbędną dynamikę stanowisk pracy, a jednocześnie będzie na tyle autonomiczne, aby zredukować wpływ złych nawyków pracy. Z tego powodu konieczne jest poznanie zachowania i reakcji organizmu na różne sposoby siedzenia.

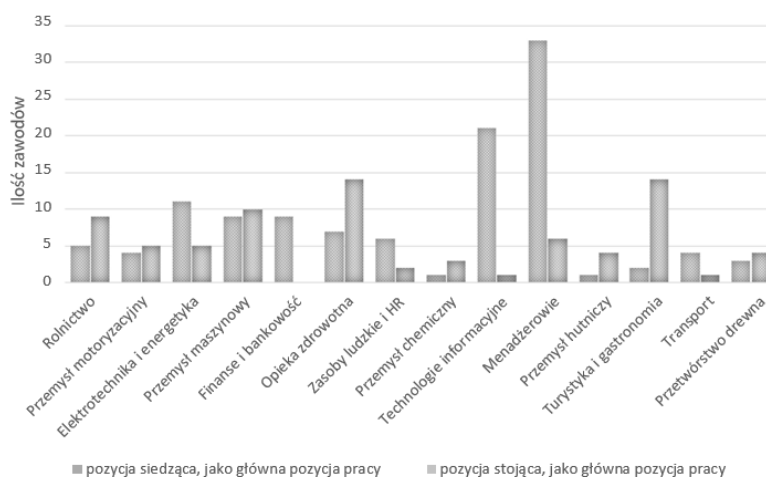
5.2. ROZWÓJ ZAWODÓW I DZIAŁALNOŚCI ZAWODOWEJ

Statystyki i prognozy rozwoju miejsc pracy na Słowacji pokazują, że najwięcej osób zatrudnionych jest w branży produkcyjnej. Według statystyk i założeń Progностycznego Instytutu Słowackiej Akademii Nauk do 2025 r. w sektorze produkcji przemysłowej zatrudnienie znajdzie prawie 592 tys. osób. W porównaniu z dzisiejszą sytuacją spodziewany jest wzrost o około 42 tys. miejsc pracy (rys. 5.2.) [29].

Ze względu na naturalne dążenie człowieka do ułatwienia lub całkowitego zastąpienia pracy ręcznej maszynami, działalność ludzka koncentruje się właśnie na rozwoju, budowie i sterowaniu tego typu maszynami. Na podstawie analizy katalogu najczęściej rejestrowanych zawodów na Słowacji, gdzie przeanalizowano łącznie 200 zawodów w różnych sektorach, można stwierdzić, że zawody wykonywane w pozycji siedzącej stanowią większość w słowackiej gospodarce (rys. 5.3.). (Katalog zawodów, 2018)



Rys. 5.2. Prognozy rozwoju miejsc pracy na Słowacji (Katalog zawodów, 2018)



Rys. 5.3. Reprezentacja głównej pozycji pracy siedzącej i stojącej między zawodami (Katalog zawodów, 2018)

Przemysł motoryzacyjny stanowi 44% całkowitej produkcji przemysłowej Słowacji, a w 2018 r. odpowiadał za 13% PKB [28]. W oparciu o te fakty, o strukturę słowackiej gospodarki oraz na podstawie wyników analizy zawodów zarejestrowanych na Słowacji, wykonano badanie wpływu pozycji siedzącej, na wykonywaną pracę w różnych zawodach w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Wybrane przedsiębiorstwo jest częścią

łańcucha dostaw dla przemysłu motoryzacyjnego i zajmuje się produkcją modułów mechaniczno-elektronicznych do systemu sterowania samochodem. Założeniem badań było potwierdzenie hipotezy o wzroście liczby zatrudnionych pracujących w pozycji siedzącej w przedsiębiorstwach przemysłowych.

Tab. 5.1 Zawody w analizowanej firmie [19]

| Grupa zawodowa | Liczba zatrudnionych | Główna pozycja przy pracy | |
|---|----------------------|---------------------------|---------|
| | | siedząca | stojąca |
| Pracownik administracji | 21 | • | |
| Analitik | 1 | • | |
| Asystent | 3 | • | |
| Auditor | 1 | • | |
| Dyspozytor logistyczny | 20 | • | |
| Frezer | 2 | | • |
| Konstruktor | 78 | • | |
| Koordinator projektu | 13 | • | |
| Kierownik linii | 1 | | • |
| Modelarz | 3 | | • |
| Pracownik montażu | 355 | | • |
| Zaopatrzeniowiec | 14 | • | |
| Narzędziowiec | 38 | | • |
| Kierownik zmiany | 11 | | • |
| Planista | 6 | • | |
| Pracownik ICT | 9 | • | |
| Menadżer produktu | 1 | • | |
| Menadżer projektu | 7 | • | |
| Szkoleniowiec | 2 | • | |
| Specjalista (razem wszyscy specjaliści) | 145 | • | |
| Pracownik techniczny (PI i konstrukcja) | 4 | • | |
| Pracownik techniczny (dział techniczny) | 5 | • | |
| Kierownik (razem wszyscy specjaliści) | 74 | • | |
| Sorter | 78 | | • |
| Razem | 892 | 399 | 493 |

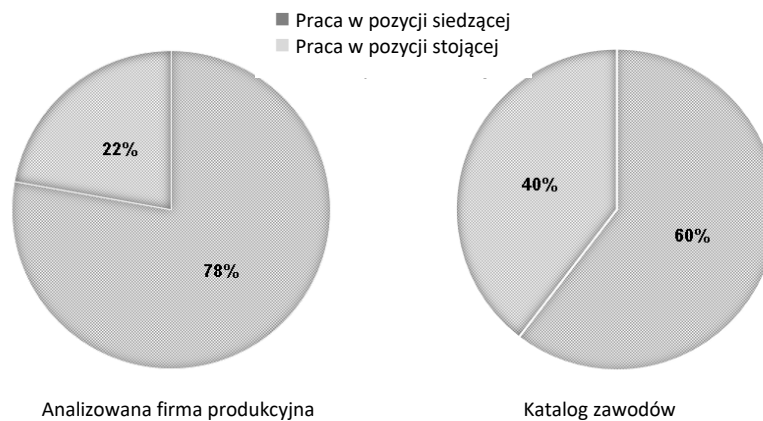
Przeprowadzono analizę struktury organizacyjnej firmy, skupiając się na dominujących pozycjach pracy na stanowiskach w poszczególnych zawodach:

- zawody wykonujące pracę głównie w pozycji siedzącej,
- zawody wykonujące pracę głównie w pozycji stojącej.

W monitorowanej firmie pracuje 892 stałych pracowników. Jednak firma zatrudnia około 1000 do 1500 pracowników. Na różnicę w liczbie składają się pracownicy agencji zajmujący się montażem, których liczba zmienia się wraz z wielkością produkcji. Z tego powodu do analizy zawodów wybrano jedynie pracowników szeregowych.

Na podstawie analizy zawodów ze struktury organizacyjnej wygenerowano 25 grup zawodowych. Poszczególne grupy zawodowe łączą specjalistów ze wszystkich działów firmy, które mają wspólne cechy. Liczbę pracowników firmy w poszczególnych grupach zawodowych oraz zajmowane stanowisko pracy przedstawia tab. 5.1.

Jak widać w tab. 5.1, zawody z dominującym statycznym obciążeniem stanowią większość. W ujęciu procentowym 78% ogółu pracowników wykonuje zawód z przewagą pracy w pozycji siedzącej. Dla porównania rys. 5.4. przedstawia graficzną reprezentację procentowej reprezentacji zawodów prowadzących siedzący tryb życia w monitorowanej firmie oraz wśród zawodów na Słowacji.



Rys. 5.4. Porównanie reprezentacji zawodów prowadzących siedzący tryb życia na Słowacji i w analizowanej firmie [22]

Wzrost udziału czynności roboczych z przewagą pozycji siedzącej dotyczy nie tylko przemysłu. Ten rosnący trend dotyczy wszystkich obszarów życia zawodowego, począwszy od stanowisk programistów, poprzez funkcje zarządcze, a skończywszy na studentach. Można zatem powiedzieć, że większą część czasu pracy na większości stanowisk pracy spędzają pracownicy na stanowisku statycznym.

Wydawać by się mogło, że siedząca praca w biurze nie stanowi istotnego zagrożenia dla zdrowia pracowników. Zawody wykonujące pracę biurową są obecnie klasyfikowane według kategoryzacji pracy ze względu na zagrożenie zdrowia do kategorii 1 lub 2 (ustawa 355/2007 Dz.U. § 31). Z punktu widzenia ergonomii, jak również z punktu widzenia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w pracy, stanowiska biurowe uznawane są za miejsca niskiego ryzyka, dlatego też ocena wpływu pracy w biurze na człowieka jest również w mniejszości. Jednak czynniki, które wpływają na pracownika w biurze są tak samo znaczące, jak na innych np. produkcyjnych stanowiskach pracy. Jak już wspomniano, tendencja rozwoju zawodów związanych z pracą w biurze i główną pozycją roboczą

siedzącą ma coraz większe znaczenie. Dlatego konieczne jest zwrócenie większej uwagi na czynniki wpływające na ten rodzaj stanowisk pracy.

Czynniki wpływające na pracownika podczas wykonywania pracy w pozycji siedzącej można podzielić na cztery główne obszary (rys. 5.5.) [20]:

- cechy osobiste,
- miejsce pracy,
- działalność zawodowa,
- środowisko pracy.



Rys. 5.5. Czynniki wpływające na człowieka podczas pracy w biurze [20]

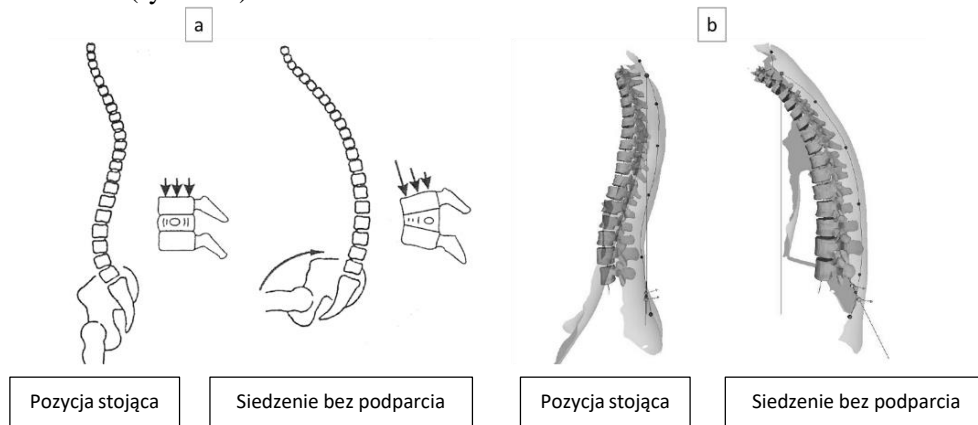
Braki w sprzęcie, niewłaściwa aranżacja stanowiska pracy, nieprawidłowe ustawienie komputera, a także zła organizacja pracy zwiększają stres fizyczny i psychiczny. Oprócz dyskomfortu dochodzi do stopniowego pogarszania się stanu zdrowia pracownika, które szczególnie w związku ze złym stylem życia może objawiać się chorobą układu mięśniowo-szkieletowego (MSD) – chorobami mięśni, kręgosłupa szyjnego i lędźwiowego oraz przewlekłym bólem w obrębie barków i ramion.

Właściwości mechaniczne i budowa ludzkiego ciała predestynują go przede wszystkim do ruchu. Aby przyjąć pozycję siedzącą, w poszczególnych częściach ciała występują następujące zmiany:

- zgięcie bioder,
- obrót miednicy do przodu,
- zmiana kąta w stawie biodrowym – w pozycji stojącej kąt w stawie biodrowym wynosi 180° , a w pozycji siedzącej zmniejsza się do około 90° , z czego 60° wynika ze zgięcia biodra, a 30° z powodu spłaszczenia lordozy lędźwiowej [27]:
 - zgięcie kręgosłupa lędźwiowego,
 - zmniejszenie kąta lordozy stawu biodrowego,
 - zwiększony nacisk na krążki międzykręgowe,
 - wzrost kifozy piersiowej.

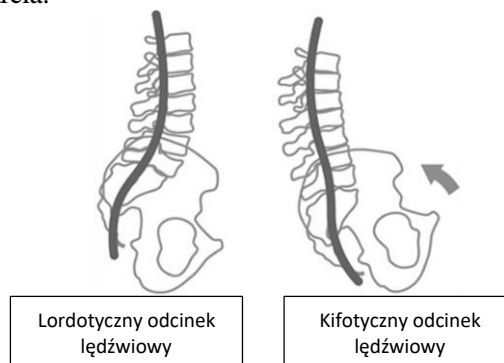
Obciążenie odcinka lędźwiowego kręgosłupa – przejście między segmentami L i S kręgosłupa jest bardziej wyraźne w pozycji siedzącej niż stojącej [2, 18, 21]. Podczas stania w pozycji pionowej kręgosłup tworzy aktywną ścieżkę dla równomiernego

rozłożenia obciążenia. Natomiast w pozycji siedzącej zmienia się rozkład sił, obciążenie działa na krążki międzykręgowe nierównomiernie, a co za tym idzie istnieje ryzyko ich uszkodzenia (rys. 5.6a).



Rys. 5.6. Zmiana krzywizny kręgosłupa podczas stania i siedzenia bez podparcia
(a: Gilbertová, Matoušek, 2002; b: Horváthová, 2020)

Siedzenie ma również znaczący wpływ na układ sercowo-naczyniowy. Podczas siedzenia żyły w okolicy kolan są ściśnięte, a krążenie krwi w kończynach dolnych jest zmniejszone. W pozycji siedzącej zasadniczo zmienia się pozycja kręgosłupa, a tym samym całego ciała. Rys. 5.7. przedstawia zmiany pozycji kręgosłupa podczas stania w porównaniu do siedzenia bez podparcia.



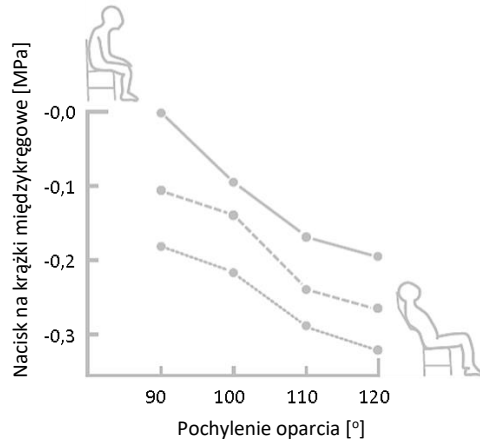
Rys. 5.7. Zmiana krzywizny dolnej części kręgosłupa podczas siedzenia
(Herman Miller, 2020)

Podczas siedzenia zmienia się kąt lędźwiowej części kręgosłupa - zmienia się z naturalnej krzywizny lordotycznej na kifotyczną (rys. 5.7.). Zmiana ta powoduje nierównomierny rozkład nacisku na krążki międzykręgowe. Według niektórych badań dotyczących chorób spowodowanych długotrwałym siedzeniem, to właśnie ta anatomiczna zmiana jest przyczyną pojawienia się bólu i chorób spowodowanych długotrwałym siedzeniem.

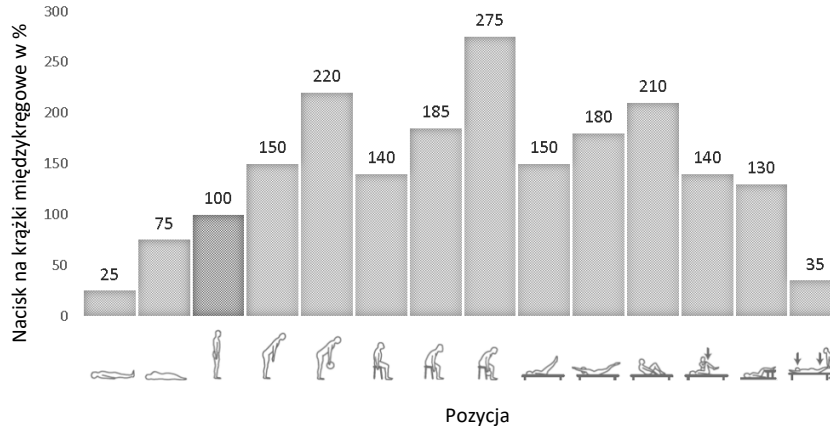
5.3. ZALEŻNOŚĆ CIŚNIENIA I POZYCJI

Obecne badania sugerują, że podparcie lędźwiowe ma największy wpływ na lordozę lędźwiową, a kąt oparcia ma największy wpływ na zmniejszenie nacisku na segment kręgosłupa L5-S1. Wraz ze wzrostem nachylenia podparcia lędźwiowego zwiększa się również ciężar rozłożony na oparciu krzesła, a jednocześnie zmniejsza się aktywność mięśni pleców i następuje ich rozluźnienie (rys. 5.8.).

Z podstawowych zależności biomechanicznych jasno wynika, że nacisk na krążki międzykręgowe zmienia się w zależności od pozycji, ruchu i przyłożonej siły. Jeżeli zdefiniujemy nacisk działający na trzeci krążek międzykręgowy w pozycji stojącej jako maksymalny, czyli o wartości 100%, to w pozycji siedzącej ciśnienie to wzrasta o 40% (rys. 5.9.) [31].



Rys. 5.8. Zmiana nacisku na krążki międzykręgowe spowodowana pochyleniem oparcia krzesła [36]



Rys. 5.9. Wartości nacisku na krążki międzykręgowe w różnych pozycjach [4, 31, 36]

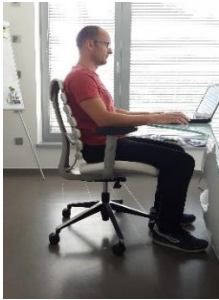
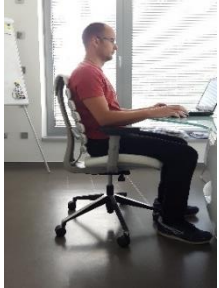
Podczas długotrwałej pracy w pozycji siedzącej następuje stopniowe zmęczenie mięśni i ciało przybiera takie pozycje jak siedzenie z przygarbionymi plecami. Przy takim siedzisku dochodzi do nierównomiernego jednostronnego nacisku na krążki międzykręgowe, głównie w okolicy odcinka lędźwiowego kręgosłupa. W wyniku nierównomiernego rozkładu nacisku dochodzi do zmian zwyrodnieniowych krążka międzykręgowego i drobnych stawów międzykręgowych, a następnie ucisku nerwów przechodzących przez kanał kręgowy. Ucisk nerwów powoduje charakterystyczne bóle, które mogą obejmować kończyny dolne [15, 27].

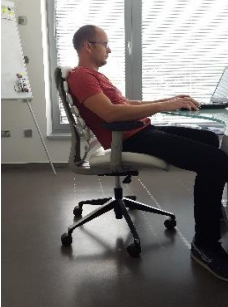



5.3.1. Analiza stanowisk pracy z pozycją siedzących

Praca siedząca wiąże się z szerokim spektrum wykonywanych zawodów, a co za tym idzie z wykonywaniem różnych czynności. Z punktu widzenia ergonomii najbardziej krytycznymi czynnościami związanymi z obsługą komputera jest pisanie na klawiaturze oraz praca z myszką komputerową. Podczas wykonywania pracy siedzącej pracownik przybiera różne warianty podstawowej pozycji siedzącej.

Pozycje te można podzielić na dwie podstawowe grupy, odpowiednie i nieodpowiednie. Możliwe jest pozostawanie w odpowiednich pozycjach przez dłuższy czas niż w pozycjach nieodpowiednich, ale w dłuższej perspektywie, w kontekście obciążenia statycznego, długotrwałe utrzymywanie się w dowolnej pozycji siedzącej jest niepożądane. Przykładowe podstawowe pozycje pracy w pozycji siedzącej zestawiono w tab. 5.2.

Tab. 5.2 Stanowiska pracy w pracach siedzących (Dulina, 2021, Horváthová, 2020)

| Stanowisko pracy | Opis stanowiska pracy |
|---|--|
|  | <p>Przykład prawidłowej pozycji pracy w pozycji siedzącej z uwzględnieniem zastosowanego krzesła i jego regulacji:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pracownik siedzi na całej powierzchni siedziska, siedzisko nie uciska podudzia, • plecy są w pełni podparte podparciem pleców i lędźwi, • podłokietniki znajdują się na wysokości stołu i zapewniają podparcie przedramion. <p>W tym przypadku jednak wysokość monitora jest niewłaściwie ustawiona, przez co kręgosłup szyjny wygina się, a głowa przechyla się do przodu.</p> |
|  | <p>Pracownik w pełni wykorzystuje powierzchnię siedziska krzesła oraz oparcia. Jednak podłokietniki są zbyt niskie w stosunku do wzrostu pracownika i wysokości stołu, a nadgarstek naciska na krawędź stołu, a ramiona zwisają.</p> <p>Długotrwała praca w takiej pozycji rąk może powodować drętwienie palców z powodu słabego krążenia krwi w dłoni i ucisku nerwów.</p> |

| | |
|---|---|
|  | <p>Pracownik jest spychany na środek siedziska krzesła i nie wykorzystuje całej jego powierzchni. Tylko górna część oparcia spoczywa na oparciu.</p> <p>Występuje lekkie zaokrąglenie okolicy krzyżowej pleców, spłaszczenie lordozy lędźwiowej i wzrost kifozy piersiowej. Nacisk jest również nierównomiernie rozłożony w dolnej części ud, gdzie krawędź krzesła może powodować zaburzenia krążenia krwi.</p> |
|  | <p>Przy takim siedzeniu pracownik siada wyprostowany na krawędzi krzesła. Aby utrzymać taką pozycję do pracy, konieczne jest świadome zaangażowanie dużych grup mięśni pleców i mięśni brzucha. Wyprostowane siedzenie bez podparcia jest nie do utrzymania na dłuższą metę, a pracownik zwykle powoli schodzi do pozycji z zaokrąglonymi plecami. Nadmierne zaangażowanie mięśni podczas tego typu siedzenia może powodować hiperlordozę, czyli zwiększenie kąta lordozy lędźwiowej w porównaniu ze staniem. Podobnie jak w przypadku innych obrazów poglądowych przedstawionych w tej tabeli, w tym przypadku w wyniku niewłaściwie dobranego PC dochodzi do zbyt dużego zgięcia głowy w bok.</p> |
|  | <p>Pracownik siedzi na skraju krzesła. Cały nacisk potrzebny do utrzymania stabilności przenoszony jest na kończyny dolne. Pozycja robocza z okrągłym tyłem. Brak równowagi w barkach z powodu pochylenia się do przodu i oparcia się na przedramieniu niepracującej ręki.</p> <p>Niewystarczający przepływ krwi do ręki roboczej z powodu nacisku przedramienia na krawędź stołu i innych trudności związanych z zaokrągleniem pleców.</p> |
|  | <p>Pracownik jest spychany na krawędź krzesła. Oparcie podtrzymuje tylko górną część oparcia. Podobnie jak w poprzednim przypadku występuje zaokrąglenie odcinka krzyżowego pleców, ale w większym stopniu skrajne spłaszczenie lordozy lędźwiowej i wzrost kifozy piersiowej. Występuje również zwiększony nacisk na dolną część ud, co może powodować niedostateczny przepływ krwi do kończyn dolnych.</p> |

Wymienione stanowiska pracy zostały zasymulowane na podstawie własnych obserwacji pracowników uczelni, studentów oraz pracowników zajmujących się projektowaniem techniki sterowania. Pozycje te zostały odnotowane jako najczęstsze. Jednak każdy pracownik ma swój własny schemat siedzenia i dla szczegółowej identyfikacji możliwych stanowisk pracy konieczne jest przeprowadzenie szerszej zakrojonych badań z wykorzystaniem nośników zapisu i techniki pomiarowej.

5.3.2. Konsekwencje długotrwałego siedzenia

Ogólnie rzecz biorąc, długotrwałe siedzenie ma niekorzystny wpływ na organizm ludzki. Oprócz osób cierpiących na przewlekły ból, ból krzyża spowodowany długotrwałym siedzeniem został również zidentyfikowany u osób zdrowych [2, 5, 6, 33]. Niektóre badania wskazywały na nasilenie dotychczasowych objawów lub pojawienie się nowych objawów bólu dolnego odcinka kręgosłupa [32, 37]. Występowanie bólu dolnej części pleców z powodu długotrwałego siedzenia wśród młodej generacji pracowników bez wcześniejszej historii zatrudnienia zostało również wykazane w kilku badaniach [5, 9, 12, 14, 16].

Wiele badań wskazuje na związek przyczynowy pomiędzy występowaniem bólu w dolnej części pleców a niewłaściwą pozycją pracy podczas wykonywania pracy w pozycji siedzącej. Wykazano również bezpośredni związek między występowaniem bólu a skrzywieniem kifotycznym kręgosłupa lędźwiowego [13, 25, 24, 25, 26, 30], co jest jednak naturalne przy siedzeniu w pozycji siedzącej z punktu widzenia biomechaniki ciała ludzkiego.

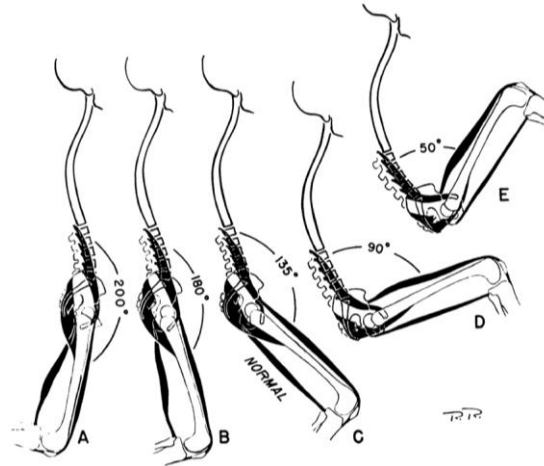
Odrębną grupę stanowią badania, które badają wpływ długotrwałego siedzenia kierowców zawodowych. Badania te wskazują na wysoką częstość występowania bólu pleców w tej grupie populacji [1, 3, 8, 35].

Autorzy publikacje jednak nie są zgodni w wykazywaniu bezpośredniego związku między występowaniem chorób a wykonywaniem zawodu siedzącego. Niektóre badania nie potwierdziły tego związku i wskazują, że udowodnienie tej zależności jest trudne, zwłaszcza w obecnej populacji, w której występuje duża częstość występowania bólu krzyża [7, 17, 34]. Na występowanie tych specyficznych chorób mają wpływ osobiste predyspozycje fizyczne każdego pracownika, a także styl życia. Z kolei badania z zakresu biomechaniki siedzenia potwierdzają zależność występowania bólu i długotrwałego siedzenia. Jednak natura tego problemu jest bardzo złożona, wieloczynnikowa i wymaga szerszego zbadania [9].

Z punktu widzenia aktywności zawodowej siedzenie można uznać za atrakcyjną pozycję pracy charakteryzującą się niskim nakładem energii i większą dokładnością wykonywanej pracy. Jednak, jak potwierdzają badania przedstawione w niniejszym rozdziale, długotrwałe wykonywanie pracy w pozycji siedzącej może powodować ból, uszkodzenie tkanek miękkich, przeciążenie mięśni, przewlekły ból lub zmęczenie, a ostatecznie zwiększenie niezdolności do pracy. Wykonywanie siedzącego zawodu ma również negatywny wpływ na układ krążenia i narządy wewnętrzne.

Do dziś utrzymuje się opinia, że siedzenie w pozycji wyprostowanej jest najlepszą pozycją do pracy. Paradygmat wyprostowanego siedzenia został również przeniesiony do międzynarodowych standardów i ustawodawstwa niektórych krajów, przykładowo został

przeniesiona do ustawodawstwa słowackiego, gdzie stał się podstawą ocen ergonomicznych stanowisk pracy. Jednak już w 1953 roku przeprowadzono badanie, na podstawie którego można argumentować, że siedzenie w pozycji wyprostowanej nie jest odpowiednią pozycją do pracy. Podczas tych badań wykonano serię zdjęć rentgenowskich kręgosłupa, podczas których autorzy zaobserwowali zmiany w krzywiznie dolnej części pleców.



Rys. 5.10. Skrzywienie kręgosłupa lędźwiowego i aktywacja mięśni w różnych pozycjach [24]

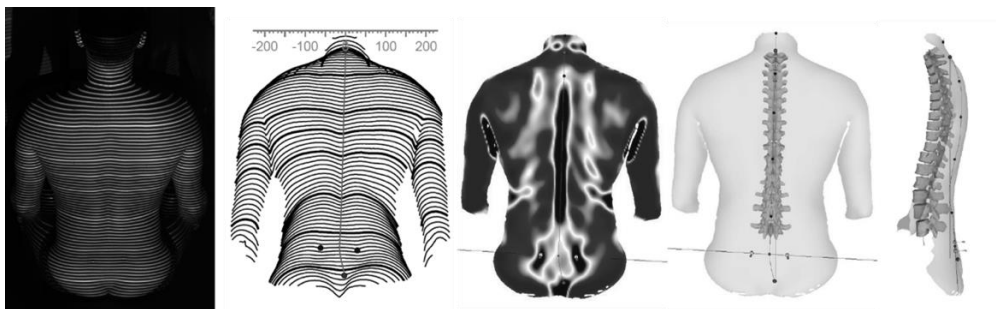
Pozycja na wznak z lekko ugiętymi kolanami została zidentyfikowana jako neutralna dla wyrównania kręgosłupa i rozluźnienia mięśni. W tej pozycji wartość kąta w stawie biodrowym wynosi 135° (rys. 5.10c) [24].

Aktualne badania koncentrują się na wykrywaniu napięcia mięśniowego za pomocą elektromiografii, identyfikacji pozycji pracy oraz współzależności tych elementów. Większość dostępnych opracowań przemawia za ideą dynamicznego siedzenia na dynamicznym krześle i aktywnej rotacji stanowisk pracy. Z tego powodu w ramach badań nad pozycją siedzącą przeprowadzono pomiary monitorujące wpływ siedzenia na różnych typach krzeseł na skrzywienie odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Pomiary wykonano przy użyciu systemu DIERS, który jest przeznaczony do nieinwazyjnego skanowania kręgosłupa i jego późniejszej diagnostyki.

5.3.3. System DIERS

Urządzenie DIERS działa w oparciu o stereografię wideo-rastrową. System składa się z projektora, który wyświetla na plecach pacjenta siatkę świetlną złożoną z poziomych linii. Ta siatka jest rejestrowana i zapisywana z powrotem w urządzeniu. Następnie oprogramowanie analizuje krzywizny poszczególnych linii siatki i na podstawie tej krzywizny system tworzy trójwymiarowy obraz powierzchni ciała (rys. 5.11.). W przeciwieństwie do promieni rentgenowskich, DIERS dostarcza wyczerpujących informacji o statyce całego ciała i postawie w jednym procesie pomiarowym bez negatywnego wpływu na organizm człowieka. Z jednego pomiaru można uzyskać szczegółowe informacje na temat [10]:

- skrzywienia kręgosłupa (boczne i czołowe),
- rotacji kręgów,
- pozycji miednicy,
- braku równowagi mięśniowej.



Rys. 5.11. Wyświetlanie wyników pomiarów przez system DIERS
(Dulina 2021, Horváthová, 2020)

Dzięki automatycznej detekcji punktów anatomicznych i na podstawie modelu korelacyjnego opisującego zależność między powierzchnią krzywizną ciała a orientacją kręgów (firmy Turner-Smith & Drerup) system może odtworzyć rzeczywiste krzywizny kręgosłupa i położenie miednicy. Podstawowe punkty anatomiczne to dół lędźwiowy i rzut siódmego kręgu szyjnego.

5.3.4. Procedura i wyniki pomiarów systemem DIERS

W Laboratorium Ergometrii i Ruchów Katedry Inżynierii Przemysłowej Uniwersytetu w Żylinie przeprowadzono pomiary w celu wykrycia zmian krzywizny odcinka lędźwiowego kręgosłupa podczas siedzenia na różnych typach krzeseł. Pomiary odbyły się w następujących warunkach:

- korzystanie z trzech rodzajów krzeseł – krzesło statyczne (stałe), krzesło dynamiczne, piłka fizjoterapeutyczna,
- zeskanowany pracownik – mężczyzna, wiek 39 lat, 82 kg, wzrost 182 cm, praca w biurze,
- 10 pomiarów dla każdego rodzaju krzesła,
- pomiar referencyjny na stojąco,
- na każdym krześle zeskanowano dwa rodzaje pozycji – siedzenie wyprostowane i siedzenie zrelaksowane.

Pomiary przeprowadzono tylko dla jednego pracownika, ponieważ podczas badań kontrolnych innych kandydatów wykryto łagodniejszą lub cięższą postać deformacji kręgosłupa. Dolna wysokość siedziska krzesła została ustawiona na 46 cm dla krzesła statycznego i 48 cm dla krzesła dynamicznego z uwzględnieniem wzrostu ochotnika. Różnica wysokości krzeseł spowodowana była różną grubością zastosowanej tapicerki. Regulacja wysokości piłki fizjoterapeutycznej nie była możliwa; Do eksperymentu użyto

kuli o standardowej średnicy 85 cm. Ta średnica odpowiada użytkowaniu przez osoby o wzroście od 185 do 195 cm. Ze względu na zasadę skanowania i akwizycji danych pomiary wykonano bez oparcia.

Skany przeprowadzono przez trzy dni, aby wyeliminować wpływ zmęczenia na postawę ochotnika. Jeden dzień pomiarów obejmował 10 dynamicznych skanów kręgosłupa podczas siedzenia w pozycji wyprostowanej i 10 pomiarów podczas siedzenia zrelaksowanego na jednym typie krzesła za każdym razem. Po każdym pomiarze rejestrowano wartości kąta kifozy piersiowej, kąta i głębokości lordozy lędźwiowej przedstawione na rysunkach 5.12.-5.15.



Rys. 5.12. Pomiar referencyjny w pozycji stojącej [11, 22]



Rys. 5.13. Siedzenie na krześle statycznym [11, 22]

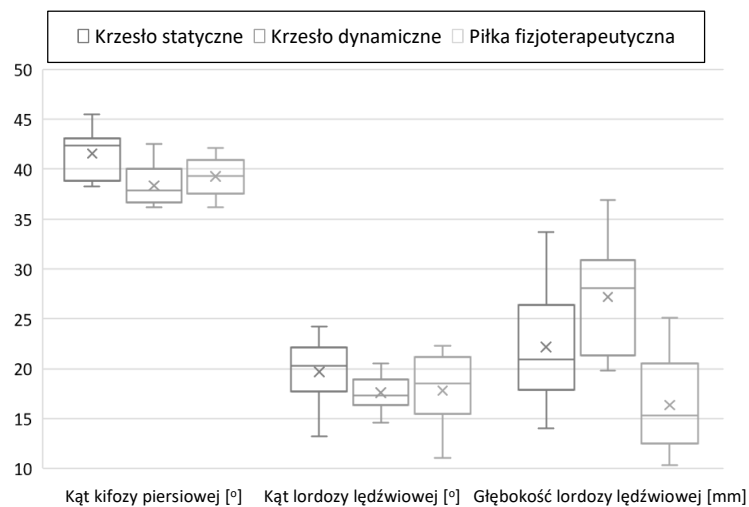


Rys. 5.14. Siedzenie na krześle dynamicznym [11, 22]



Rys. 5.15. Siedzenie na piłce fizjoterapeutycznej [11, 22]

Ze względu na to, że ustawodawstwo słowackie określa, że jedyną dopuszczalną pozycją pracy przy pracy wykonywanej w pozycji siedzącej jest siedzenie wyprostowane, przeanalizowano jedynie wyniki pomiarów podczas tego typu siedzenia. Zakres wartości uzyskanych przez obserwowane parametry podczas dziesięciu pomiarów przedstawiono na rys. 5.16.



Rys. 5.16. Zakresy wartości uzyskiwanych przez monitorowane parametry organizmu [11, 22]

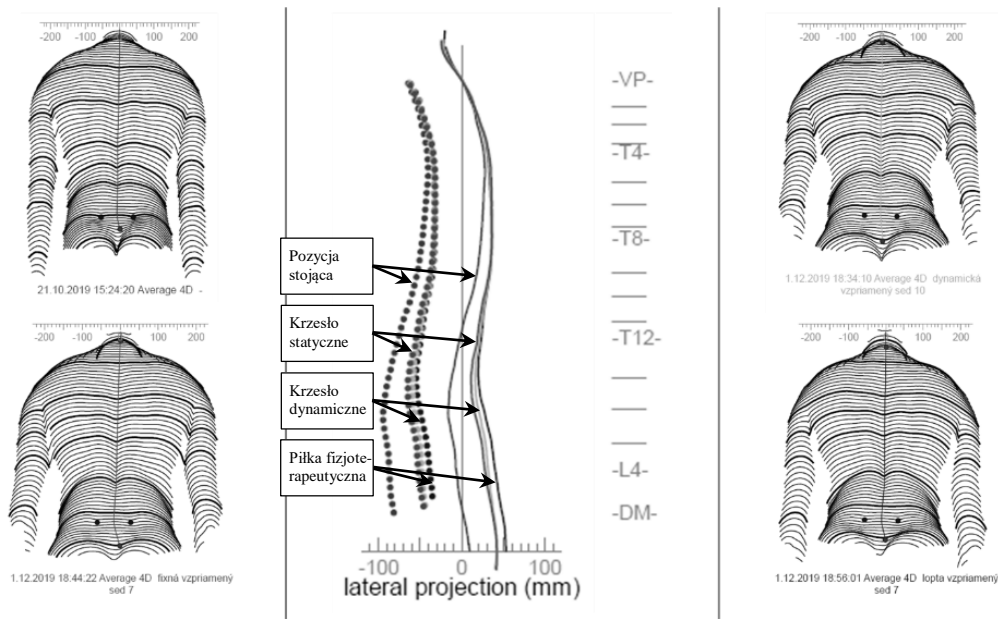
Monitorowanym parametrem o największym znaczeniu był kąt lordozy lędźwiowej. Jak widać na wykresie na rys. 5.16. zakresy zmierzonych wartości różnią się znacznie pomiędzy poszczególnymi typami krzesel. Wartości minimalne, maksymalne i średnie uzyskane przez poszczególne monitorowane parametry podczas pomiarów zestawiono w tab. 5.3.

Tab. 5.3 Minimalne, maksymalne i średnie wartości monitorowanych parametrów ciała podczas pomiarów na różnych typach krzeseł [11, 22]

| Obserwowany parametr | Statyczne krzesło | | | Dynamiczne krzesło | | | Piłka fizjoterapeutyczna | | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|
| | Średnia wartość | Minimalna wartość | Maksymalna wartość | Średnia wartość | Minimalna wartość | Maksymalna wartość | Średnia wartość | Minimalna wartość | Maksymalna wartość |
| Kąt kifozy piersiowej [o] | 41,5 | 38,3 | 45,5 | 38,4 | 36,2 | 42,5 | 39,3 | 36,2 | 42,1 |
| Kąt lordozy lędźwiowej [o] | 19,7 | 13,2 | 24,2 | 17,6 | 14,6 | 20,5 | 17,8 | 11,1 | 22,3 |
| Głębokość lordozy lędźwiowej [mm] | 22,2 | 14,0 | 33,7 | 27,2 | 19,8 | 36,9 | 16,3 | 10,3 | 25,1 |

Dla porównania zmiany krzywizny wyznaczono następujące wartości mierzone w pozycji stojącej:

- kąt kifozy piersiowej: 44,7°,
- kąt lordozy lędźwiowej: 29,6°,
- głębokość lordozy lędźwiowej: 44,0 mm.



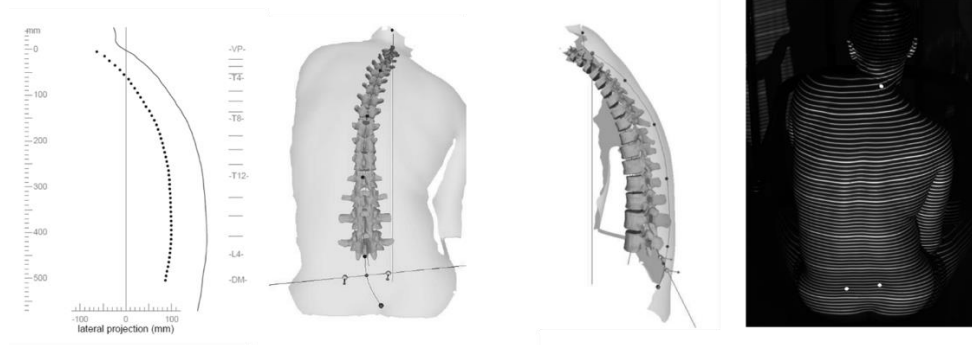
Rys. 5.17. Porównanie krzywizn kręgosłupa siedząc na różnych typach siedzisk i stojąc [11, 22]

Rys. 5.17. przedstawia porównanie skrzywienia kręgosłupa w rzucie bocznym podczas siedzenia na krześle statycznym, krześle dynamicznym i siadania na piłce fizjoterapeutycznej, z krzywizną kręgosłupa badanej osoby w pozycji stojącej. Linia przerywana reprezentuje kręgosłup, a linia ciągła reprezentuje powierzchnię ciała.

5.3.5. Ocena wyników eksperymentalnych pomiarów DIERS

Z pomiarów wynika, że w pozycji siedzącej występuje znaczne spłaszczenie lordozy lędźwiowej w porównaniu do pozycji stojącej. Takie spłaszczenie jest naturalne z punktu widzenia biomechaniki osób siedzących, jednak poważniejszym wnioskiem z pomiarów jest zaobserwowanie wyraźniejszego spłaszczenia odcinka lędźwiowego kręgosłupa podczas siedzenia na krześle dynamicznym w porównaniu do krzesła statycznego. Podczas siedzenia na krześle statycznym średnia wartość kąta skrzywienia lędźwiowego lordozy wyniosła $19,7^\circ$, a podczas siedzenia na krześle dynamicznym tylko $17,6^\circ$, co oznacza zmniejszenie skrzywienia o 40,5% w stosunku do naturalnej krzywizny przy pracy na stojąco. Założenie, że krzesło dynamiczne jest odpowiednim narzędziem do eliminacji obciążenia statycznego, ma kilka aspektów opartych na powyższych pomiarach:

- krzesło dynamiczne zapewnia właściwą dynamikę siedzenia – dynamika siedzenia na tego typu krześle jest wystarczająca. Dynamiczny przegub siedziska zapewnia większą zmienność pozycji roboczej siedziska w porównaniu do siedzenia na zwykłym krześle statycznym.
- krzesło dynamiczne nadaje się do długotrwałego siedzenia – aby zademonstrować ekstremalną pozycję, jaką pracownik może osiągnąć na konkretnym krześle dynamicznym, poproszono ochotnika, aby usiadł na krześle z jak najmniejszym zaangażowaniem mięśni pleców. Wynik takiej sesji pokazano na rys. 5.18. Należy jednak podkreślić, że pokazana pozycja przedstawia skrajną sytuację podczas siedzenia i pracownik nie byłby w stanie pozostać w takiej pozycji przez długi czas z biomechanicznego punktu widzenia. Jednak ta pozycja pokazuje, jak luźny jest przegub krzesła i jakie pozycje może przyjąć. W ten sam sposób może dojść do urazu podczas siedzenia na takim krześle w stanie rozluźnienia stawu, jeśli pracownik nie jest przyzwyczajony do pracy na tego typu krześle lub w przypadku zmiany pracowników w miejscu pracy. Na podstawie pomiarów można stwierdzić, że krzesło dynamiczne, którego zakres ruchu stawu nie jest wystarczająco ograniczony i kontrolowany, nie nadaje się do długotrwałego siedzenia.
- fotel dynamiczny jest odpowiednim zamiennikiem krzesła statycznego – jak wykazały wyniki pomiarów, krzywizna odcinka lędźwiowego kręgosłupa była mniejsza podczas siedzenia na krześle dynamicznym w porównaniu z krzesłem statycznym. Z tego powodu krzesła dynamicznego nie można uznać za pełnoprawny zamiennik krzesła statycznego podczas długotrwałego siedzenia. Należy jednak zauważyć, że krzywizna kręgosłupa wykazuje dużą zmienność w zależności od używanego krzesła, a zatem prawdopodobne jest, że wyniki będą różne w przypadku testowania innego typu krzesła dynamicznego.



Rys. 5.18. Siedzenie na dynamicznym krześle bez angażowania mięśni pleców [11, 22]

- Krzesło dynamiczne niweluje efekt obciążenia statycznego – podczas siedzenia na krześle dynamicznym aktywowana jest większa grupa mięśni niż podczas siedzenia na krześle statycznym. Jednak podczas dłuższego siedzenia na tego typu krześle jednostronne obciążenie może ponownie się kumulować, można więc wnioskować, że krzesło dynamiczne tylko częściowo zmniejsza efekt obciążenia statycznego.

5.4. PODSUMOWANIE

XXI wiek charakteryzuje się wielokulturowym społeczeństwem. Unia Europejska zapewnia swobodny przepływ osób, towarów i usług. Swoboda przemieszczania się, otwarty rynek i wielokulturowość znajdują również odzwierciedlenie w systemie pracy. W firmach pracują pracownicy różnych narodowości lub grup etnicznych. Każdy człowiek jest inny – każdy pracownik jest inny. Jest to jeden z powodów, dla których zastosowanie ergonomii uległo zasadniczej zmianie w ciągu ostatnich dwudziestu lat. W niektórych obszarach, po stosunkowo krótkim czasie, fundamentalne zmiany wręcz negują to, co w 2000 roku uznawano za słuszne. Sam obszar, który do niedawna uważaliśmy za szczegółowy i bezproblemowy, okazuje się pełen pytań. To praca w biurach, ale także praca na produkcji, która na wielu stanowiskach nabiera cech pracy biurowej z punktu widzenia statyki obciążenia. Nowoczesne technologie, takie jak rozszerzona rzeczywistość czy symulacje, pozwalają nam sprawdzać i oceniać czynności wykonywanych na stanowiskach pracy, dzięki czemu można naprawdę mówić o humanizacji pracy.

Literatura

- [1] AKINBO S.R., ODEBIYI D.O., OSASAN A.A.: *Characteristics of back pain among commercial drivers and motorcyclists in Lagos, Nigeria*. West African Journal of Medicine 27, 2008, 87-91
- [2] ANDERSSON B.J., ORTENGREN R., NACHEMSON A.L., ELFSTRÖM G., BROMAN H.: *The sitting posture: an electromyographic and discometric study*. The Orthopedic clinics of North America. [online]. 1975, Dostępne na internecie: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1113963>

- [3] ANDRUSAITIS S.F., OLIVEIRA R.P., BARROS FILHO T.E.: *Study of the prevalence and risk factors for low back pain in truck drivers in the state of Sao Paulo, Brazil*. Clinics (Sao Paulo, Brazil) 61, 2006, 503-510
- [4] BANTON R.A.: *Lateral. Biomechanics of the spine*. Journal of The Spinal Research Foundation FALL, 2012, 7.2: 12
- [5] BEACH T.A., MCDONALD K.A., COKE S.K., CALLAGHAN J.P.: *Gender Responses to Automobile and Office Sitting – Influence of Hip, Hamstring, and Low-Back Flexibility on Seated Postures*. The Open Ergonomics Journal 1, 2008
- [6] BEACH T.A., PARKINSON R.J., STOTHART J.P., CALLAGHAN J.P.: *Effects of prolonged sitting on the passive flexion stiffness of the in vivo lumbar spine*. 2005, 5, p. 145-154
- [7] CHEN S.M., LIU M.F., COOK J., BASS S., LO S.K.: *Sedentary lifestyle as a risk factor for low back pain: a systematic review*. International Archives of Occupational and Environmental Health 82, 2009, 797-806
- [8] COSTA G., PICKUP L., DI M.: *Commuting – a further stress factor for working people: evidence from the European Community. II. An empirical study*. International Archives of Occupational and Environmental Health 60, 1988, 377-385
- [9] DE CARVALHO D.: *Spine biomechanics of prolonged sitting: Exploring the effect chair features, walking breaks and spine manipulation have on posture and perceived pain in men and women*. Doctoral dissertation thesis in Kinesiology. Canada 2015
- [10] DIERS Biomedical Solutions. Dostupné na internete: <https://diers.eu/en/products/spine-posture-analysis/diers-formetric-4d>.
- [11] DULINA Ľ., GOLA A., GAŠO M., HORVÁTHOVÁ B., BIGOŠOVÁ E., BARBUŠOVÁ M., PLINTA D., KYNCL J.: *Influence of Various Types of Office Desk Chair for Dynamizing the Operation Assessed by Raster Stereography*. In: Applied Science, vol. 11, Issue 11 (2021), 12 p. ISSN 2076-3417
- [12] DUNK N.M., CALLAGHAN J.P.: *Gender-based differences in postural responses to seated exposures*. Clinical Biomechanics (Bristol, Avon) 20, 2005, 1101-1110
- [13] EKLUND J., LIEW M.: *Evaluation of seating: The influence of hip and knee angles on spinal posture*. International Journal of Industrial Ergonomics 8, 1991, 67-73
- [14] FENETY A.P., PUTNAM C., WALKER J.M.: *In-chair movement: validity, reliability and implications for measuring sitting discomfort*. Applied Ergonomics 31, 2000, p. 383-393
- [15] GILBERTOVÁ S., MATOUŠEK O.: *Ergonomie – Optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada Publishing, 2002, 240 s. ISBN 80-247-0226-6
- [16] GREGORY D.E., DUNK N.M., CALLAGHAN J.P.: *Stability ball versus office chair: comparison of muscle activation and lumbar spine posture during prolonged sitting*. Human Factors 48, 2006, 142-153
- [17] HARTVIGSEN J., LEBOEUF-YDE C., LINGS S., CORDER E.H.: *Is sitting-while-at-work associated with low back pain? A systematic, critical literature review*. Scandinavian Journal of Public Health 28, 2000, 230-239
- [18] HERMAN MILLER M.: *Supporting the Spine When Seated – The Science and Research Behind Mirra 2 Chair*, Michigan. URL: <https://www.hermanmiller.com/research/categories/white-papers/supporting-the-spine-when-seated/>
- [19] HORVÁTHOVÁ B., DULINA Ľ., BIGOŠOVÁ E., BARBUŠOVÁ M., GAŠO M.: *Analysis of ergonomic work equipment lowering the static load based on trend of development of work activities*. In: Multidisciplinary aspects of production engineering. Zabrze: Wydawnictwo Panova (Zabrze, Poľsko), 2019a. ISSN 2545-2827, ISBN 978-3-11-067482-8, s. 53-61
- [20] HORVÁTHOVÁ B., DULINA Ľ., BIGOŠOVÁ E., GAŠO M., KRAJČOVIČ M.: *Safety and ergonomics at the office workplaces*. In: Aktuálne otázky bezpečnosti práce [electronic]. - 1. vyd. - Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2019b. ISBN 978-80-553-3434-9
- [21] HORVÁTHOVÁ B., DULINA Ľ., BIGOŠOVÁ E., GAŠO M.: *Ergonomické aspekty sedavého zamestnania = Ergonomic aspects of sedentary work*. In: Fórum manažéra [print]: teória a prax v riadení podniku. ISSN 1339-9403 (online). - Roč. 15, č. 1., s. 23-30 [print]. 2019c. Dostupné na internete: <https://forummanazera.sk/item.php?id=55>
- [22] HORVÁTHOVÁ B.: *Model adaptívneho dynamického pracoviska*. Doktorandská dizertačná práca. KPI, SĽF, UNIZA. 2020

- [23] KARWOWSKI W. (ed.): *International encyclopedia of ergonomics and human factors*. 2001, Crc Press. ISBN-13: 978-0415304306
- [24] KEEGAN J.J.: *Alterations of the lumbar curve related to posture and seating*. The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume 35-A, 1953, 589-603
- [25] KELSEY J.L.: *An epidemiological study of the relationship between occupations and acute herniated lumbar intervertebral discs*. International Journal of Epidemiology 4, 1975, 197-205
- [26] KOTTKE F.J.: *Evaluation and treatment of low back pain due to mechanical causes*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 42, 1961, 426-440
- [27] KOVÁŘOVÁ E.: *Problematika sedu z hlediska Fyzioterapie*. Bakalárska práca. Univerzita Karlova v Prahe, 3. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitačního lékařství FNKV, 2007
- [28] KVAŠŇÁK L.: *Pre dodávateľov automotive už nie sme atraktívni ako kedysi*. [online] Trend. 2018. URL: https://www.asociaciapz.sk/wp-content/uploads/2018/05/Rozhovor-A.-Matusek_Trend.pdf [cit. 3.3.2019]
- [29] LUBYOVÁ M., ŠTEFÁNIK M. a kol.: *Trh práce na Slovensku 2016+*. [online]. 2015. Dostupné na internete: http://www.ekonom.sav.sk/uploads/journals/327_monografia-lubyova-stefanik-a-kolektiv-web.pdf
- [30] MAGORA A.: *Investigation of the relation between low back pain and occupation*. 3. Physical requirements: sitting, standing and weightlifting. IMS, Industrial Medicine and Surgery 41, 1972, 5-9
- [31] NACHEMSON A.: *The load on lumbar disks in different positions of the body*. Clin Orthop Relat Res. [online]. Mar-Apr 1966, Dostupné na internete: https://journals.lww.com/clinorthop/Citation/1966/00450/The_Load_on_Lumbar_Disks_in_Different_Positions_of.14.aspx
- [32] O'SULLIVAN P.B., DANKAERTS W., BURNETT A.F., FARRELL G.T., JEFFORD E., NAYLOR C.S., O'SULLIVAN K.J.: *Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population*. Spine 31, 2006, E707-E712
- [33] REINECKE S.M., HAZARD R.G., COLEMAN K.: *Continuous passive motion in seating: a new strategy against low back pain*. Journal of Spinal Disorders 7, 1994, 29-35
- [34] ROFFEY D.M., WAI E.K., BISHOP P., KWON B.K., DAGENAIS S.: *Causal assessment of occupational sitting and low back pain: results of a systematic review*. The Spine Journal 10, 2010, 252-261
- [35] SZETO G.P., LAM P.: *Work-related musculoskeletal disorders in urban bus drivers of Hong Kong*. Journal of Occupational Rehabilitation 17, 2007, 181-198
- [36] WHITE A., PANJABI M.: *Clinical Biomechanics of the Spine*. Philadelphia, PA: Lippincot. [online]. 1990, Dostupné na internete: http://www.leomed.at/listhoscan/white_90.pdf
- [37] WOMERSLEY L., MAY S.: *Sitting Posture of Subjects with Postural Backache*. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 29, 2006, 213-218.

ERGONOMIC WORKPLACES DESIGNING - PREDICTIVE ERGONOMICS

Abstract

The chapter presents contemporary trends in the designing of ergonomic workplaces with particular emphasis on the working position. Workplaces related to the sitting position are also beginning to dominate in production, mainly due to the need to minimize workload of employees and the progressive automation and robotization of processes. However, long-term sitting work causes an equally unfavorable accumulation of static loads, the analysis of which is presented in the following sections of this chapter.