

Fizjologia wysiłku fizycznego

W specjalnościach inżynierskich, szczególnie przy projektowaniu maszyn, urządzeń, a także całych stanowisk pracy, duże znaczenie mają te aspekty fizjologii człowieka, które związane są z pracą, zarówno dynamiczną, jak i statyczną. Układ ruchowy człowieka, obejmuje mięśnie szkieletowe i układ nerwowy, pobudza i kontroluje czynności mięśni oraz część bierną, czyli kości, stawy i więzadła

Wyróżnia się trzy typy mięśni. Do pierwszego zaliczane są mięśnie szkieletowe (tzw. poprzecznie prążkowane), znajdujące się pod kontrolą mózgu. Ich działanie zależy od naszej woli. Współdziałając z kośćmi i ścięgnami odpowiadają za określone ruchy ciała, np. uśmiech i wbieganie po schodach. Drugi typ to mięśnie gładkie (tak wyglądają pod mikroskopem - stąd ta nazwa), związane z niezależnymi od woli czynnościami narządów wewnętrznych, takimi jak ruchy jelita czy pęcherza. Trzeci typ to mięsień sercowy, z którego zbudowane jest serce .

Z układem ruchowym człowieka związane jest pojęcie wydolności fizycznej.

Wydolność fizyczną definiujemy jako zdolność organizmu do wykonywania długotrwałego lub ciężkiego wysiłku, który angażuje duże grupy mięśni, bez szybko narastającego zmęczenia. Pojęcie to obejmuje również zdolność szybkiego likwidowania zaburzeń homeostazy wywołanych wysiłkiem. Wydolność fizyczna w znacznym stopniu zależy od zdolności pobierania tlenu przez organizm.

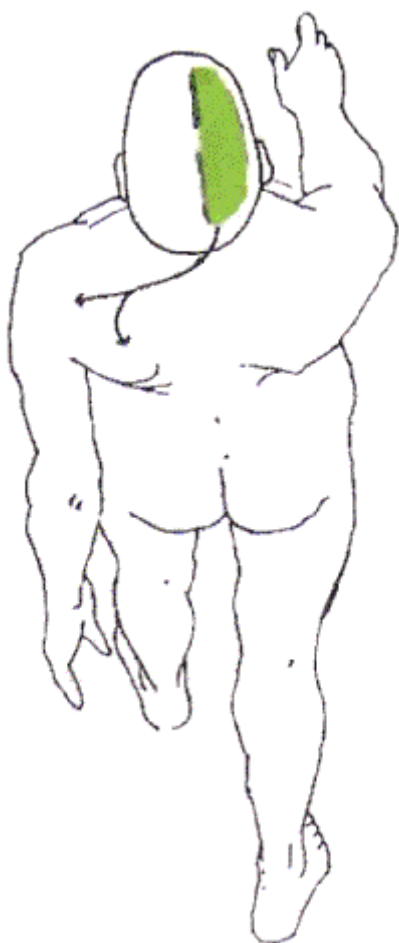
Wydolność fizyczna organizmu człowieka jest związana ze zmęczeniem, czyli zmniejszeniem zdolności do pracy spowodowanym przez wysiłek.

O zmęczeniu ośrodkowym możemy mówić, gdy narasta odczucie ciężkości pracy, pojawia się ból mięśni, zmniejszenie motywacji, koncentracji uwagi i sprawności psychomotorycznej.

Zmęczenie obwodowe to zmęczenie pracujących mięśni, prowadzące do zmniejszenia siły i szybkości ich skurczów, co w konsekwencji może doprowadzić do całkowitej utraty zdolności do pracy.

Zmęczenie może przejść w stan przewlekły. Taka sytuacja jest bardzo niebezpieczna dla zdrowia. Procesy fizjologiczne zostają wówczas zaburzone, gdyż przestają działać mechanizmy je kontrolujące. Dotyczy to głównie układu nerwowego.

Sterowanie ruchem przez półkule mózgowe



Szlaki nerwowe z każdej części mózgu krzyżują się w pniu mózgowym.

Przykładowo, kiedy pracuje prawa ręka, polecenia kierowane są z lewej półkuli mózgowej. Półkula ta jest dominująca u osób praworęcznych, co umożliwia pewniejsze używanie i precyzyjniejsze ruchy prawej kończyny. Odwrotnie jest u ludzi leworęcznych.

Układ nerwowy jest zaangażowany przez cały czas wykonywania przez nas czynności, w tym także bierze udział w zarządzaniu ruchem. Jego elementami są neurony, które wychwytyją sygnały z różnych części organizmu lub otoczenia, analizują zapoczątkowują jakąś czynność (np. skurcz mięśni). Układ nerwowy składa się z dwóch zależnych od siebie części: centralnego i obwodowego. Obwodowy układ nerwowy składa się z systemu somatycznego i układu autonomicznego.

Układ somatyczny spełnia podwójną funkcję. Po pierwsze zbiera informacje z narządów zmysłu organizmu i przekazuje je do centralnego układu nerwowego. Po drugie przesyła sygnały od centralnego układu nerwowego do mięśni w odpowiedzi na otrzymane informacje, inicjując w ten sposób ruch. Obwodowy układ nerwowy przekazuje tylko informacje ruchowe i czuciowe pomiędzy centralnym układem nerwowym a mięśniami, gruczołami i narządami zmysłów, nie odgrywając żadnej roli w analizowaniu sygnałów czuciowych czy też inicjowaniu sygnałów ruchowych. Za czynności te odpowiada centralny układ nerwowy składający się z mózgu i rdzenia kręgowego. Odbiera on sygnały z receptorów i narządów czuciowych organizmu, analizuje i przekazuje je poprzez włókna ruchowe do mięśni i gruczołów.

Zarządzanie i kontrolowanie naszych ruchów przez mózg i obwodowy układ nerwowy nie zostaną wykonane prawidłowo, jeśli nasze mięśnie nie będą sprawne. Mięśnie są tkanką, której funkcjonowanie zależy od dostarczania w odpowiednich ilościach przenoszonych przez krew składników odżywczych oraz tlenu. W czasie pracy mięśni pojawiają się produkty przemiany materii, które także usuwa układ krwionośny.

Praca fizyczna dynamiczna

W celu lepszego zrozumienia istoty pracy fizycznej dynamicznej należy znać budowę i rodzaje mięśni oraz czynniki decydujące o ich sile.

Do kości przytwierdzonych jest ponad 500 mięśni szkieletowych. Mięśnie są przyczepione do kości za pośrednictwem zwięzających się, powrózkowatych zakończeń, zwanych ścięgnami. W czasie ruchu mięsień kurczy się i pociąga kość. Kości i mięśnie tworzą jeden z głównych układów ciała - układ szkieletowo-mięśniowy.

Podstawową jednostką strukturalną każdego mięśnia są włókienka kurczliwe (miofibryle) zbudowane z dwóch rodzajów białek kurczliwych: aktyny i miozyny. Włókienka są tak drobne, że można je dostrzec tylko pod mikroskopem. We włókienkach mięśni poprzecznie prążkowanych białka kurczliwe są tak usytuowane, że miejscami mają różny współczynnik załamania światła, co daje efekt prążkowania. Mięśnie gładkie sprawiają wrażenie jednorodnych (stąd ich nazwa). Skurcz mięśnia następuje wtedy, gdy włókienka miozyny „wślizgują się” pomiędzy włókienka aktyny.

Miofibryle wypełniają komórki (miocyty) tkanki mięśniowej, każda komórka jest wydłużona i stanowi tzw. włókno mięśniowe. Do każdego dochodzą odrębne zakończenia nerwowe. Włókna mięśni poprzecznie prążkowanych są zebrane w wiązki otoczone tkanką łączną włóknistą, która doprowadza do każdej wiązki naczynia krwionośne i limfatyczne. W przypadku mięśni gładkich włókna są połączone ze sobą za pomocą tkanki łącznej. W mięśniach gładkich nie można rozróżnić poszczególnych miocytów. Mięsień taki jest strukturą powstałą z połączenia się wielu komórek.

Struktura mięśnia sercowego (widoczna pod mikroskopem) jest bardzo podobna do struktury mięśni poprzecznie prążkowanych (szkieletowych), z wyjątkiem tego, że poszczególne włókna krzyżują się między sobą.

W tkance mięśniowej znajdują się rezerwy „paliwa” dla mięśni w postaci wielocukru - glikogenu. Energia niezbędna do pracy mięśni jest tworzona w mitochondriach, znajdujących się w komórkach, gdzie podczas procesu oddychania komórkowego, następuje rozkład cukrów i uwalnianie jest energia.

Włókna nerwowe, biegną wzdłuż rdzenia kręgowego, od motorycznych (kontrolujących ruchy) części kory mózgowej do komórek nerwowych znajdujących się w rogach przednich rdzenia kręgowego, wypustki tych komórek „opuszczają” rdzeń jako pojedyncze nerwy rozchodzące się do poszczególnych mięśni. Jeśli mięsień zostanie pozbawiony pobudzenia elektrycznego w postaci impulsów elektrycznych przewodzonych drogą nerwową, traci zdolność skurczu i zaczyna zanikać.

W każdym mięśniu znajdują się obszary, w których nerwy stykają się z włóknami mięśniowymi. Przejście impulsu wywołującego skurcz odbywa się w specjalnej płytce motorycznej znajdującej się w miejscu zetknięcia się włókna nerwowego z włóknem mięśniowym. Przewodzony wzdłuż nerwu impuls elektryczny nie pobudza mięśnia bezpośrednio, wywołuje natomiast wydzielenie przez zakończenia włókien nerwowych neuroprzekaźnika - acetylocholiny, który wywołuje skurcz.

Ślizganie się włókienek miozyny po włóknach aktyny jest procesem złożonym, podczas którego wielokrotnie następuje powstanie i rozpad połączeń chemicznych pomiędzy nimi. Ten proces wymaga energii, powstałej dzięki beztlenowemu lub tlenowemu rozkładowi substratów pokarmowych w mitochondriach. Energia ta jest przechowywana i przenoszona w postaci złożonego związku organicznego zwanego ATP (kwas adenozynotrójfosforanowy), bogatego w wysokoenergetyczne wiązania fosforanowe.

Z wysiłkiem fizycznym, mierzonym wydatkiem energetycznym, łączy się ściśle pojęcie pracy fizycznej dynamicznej.

Praca fizyczna dynamiczna jest definiowana jako praca wykonywana z przeważającym udziałem skurczów izotonicznych i krótkotrwałych skurczów izometrycznych mięśni (chód, bieg, jazda na rowerze).

Skurcz izotoniczny zachodzi wtedy, jeśli jeden z przyczepów mięśnia jest wolny i w wyniku pobudzania następuje jego skracanie z maksymalną szybkością. Napięcie mięśnia w tej sytuacji nie zmienia się.

Skurcz izometryczny zachodzi wtedy, gdy obydwa przyczepy mięśni są unieruchomione, a opór przekracza wielkość siły maksymalnej skurczu, co w efekcie powoduje w mięśniu pobudzonym wzrost napięcia, natomiast jego długość nie zmienia się. Taki typ skurczu przeważa w czasie wysiłków statycznych.

W czasie pracy dynamicznej następuje równocześnie skurcz i rozkurcz mięśni i w związku z tym wykonują one pracę fizyczną, która może być zmierzona w sposób obiektywny. Skurcz i rozkurcz włókienek mięśniowych ułatwia jednocześnie usuwanie z komórek tkanki mięśniowej metabolitów przemiany materii, dzięki czemu jest mniejsze odczucie zmęczenia, inaczej niż w pracy statycznej.

Do pomiaru wydatku energetycznego człowieka w czasie wysiłku fizycznego służy szereg metod.

Metody pomiaru wydatku energetycznego

Do pomiaru wydatku energetycznego człowieka w czasie wysiłku fizycznego służy szereg metod.

Najdokładniejsza, a jednocześnie najbardziej skomplikowana ze względu na unikatową aparaturę i w związku z tym rzadko stosowana, jest metoda kalorymetrii bezpośredniej, polegająca na bezpośrednim pomiarze ilości ciepła wytwarzanego przez organizm. Częściej wykorzystuje się metodę kalorymetrii pośredniej polegającą na pomiarze objętości pobieranego przez organizm tlenu. Badania te umożliwiają obiektywny pomiar podstawowej przemiany materii oraz całkowitej przemiany materii. Pozwalają także badać wpływ odzieży, w tym także ochronnej, na procesy przemiany materii.

Podstawowa przemiana materii jest to ilość energii niezbędna do utrzymania podstawowych procesów życiowych organizmu człowieka w ciągu doby.

Całkowita przemiana materii jest to ilość energii potrzebnej do normalnego funkcjonowania człowieka. Jest to suma podstawowej przemiany materii, ilości energii niezbędnej do wykonywania codziennych czynności życiowych, energii zużywanej w procesie trawienia składników pokarmowych oraz niezbędnej przy wykonywaniu pracy zawodowej i utrzymywania stałej temperatury w zimnym otoczeniu.

Pomiar wydatku energetycznego na podstawie równoważnika energetycznego tlenu. Na podstawie objętości powietrza wdychanego oraz składu chemicznego powietrza wydychanego można obliczyć ilość zużywanego tlenu w jednostce czasu. Zużycie 1 l tlenu odpowiada wydatkowi energii 19-21 kJ. Wydatek energetyczny można też zmierzyć na podstawie pomiaru wentylacji minutowej płuc, czyli pomiaru ilości powietrza wydychanego w jednostce czasu.

Najczęściej wydatek energetyczny w czasie wykonywanej pracy jest określany na podstawie uśrednionych wartości doświadczalnych dla danej populacji, zamieszczonych w odpowiednich

tabelach. Na podstawie znajomości takich parametrów jak płeć, wiek, wzrost i waga określa się podstawową przemianę materii, a znając rodzaj wykonywanej pracy i jej czas ustala się całkowitą przemianę materii. Ten sposób określania wydatku energetycznego, obarczony wprawdzie znacznym błędem, jest najszybszy i wystarczająco dokładny w przypadku orientacyjnej oceny wydatku energetycznego na stanowisku pracy. Jest on szczególnie przydatny w sytuacjach, gdy nie dysponujemy odpowiednimi przyrządami pomiarowymi, a zachodzi potrzeba dokonania szybkiej oceny wydatku energetycznego.

Praca statyczna

Mięśnie szkieletowe cechują się dwojakim rodzajem aktywności: dynamiczną i statyczną. Pierwsza wiąże się z czynnością skurczową, podczas której dochodzi do zmniejszenia długości mięśnia i zbliżenia miejsc jego przyczepów na częściach kostnych. W ten sposób odbywają się ruchy lokomocyjne, a także pokonywanie oporów zewnętrznych, co umożliwia wykonywanie różnych operacji ruchowych prowadzących do przemieszczania przedmiotów, posługiwania się narzędziami i innych oddziaływań na środowisko. Siła mięśni działa wówczas wzdłuż pewnej drogi i jest wykonywana praca mechaniczna, którą w określonych warunkach można łatwo zmierzyć, np. w trakcie podnoszenia ciężaru na określoną wysokość czy jazdy na cykloergometrze. Taki rodzaj wysiłku nazywamy pracą dynamiczną. U jej podłoża leżą izotoniczne skurcze mięśni, w czasie których mięśnie ulegają skróceniu przy względnie stałym napięciu. W rzeczywistości mięsień, który podczas skracania się pokonuje opór zewnętrzny, nie wykazuje stałego napięcia. Dlatego używana jest również nazwa „skurcz aukstotoniczny”.

Praca statyczna stwarza inny, również bardzo istotny rodzaj aktywności mięśniowej. Jej istotą są skurcze izometryczne, charakteryzujące się tym, że stan pobudzenia powoduje wzrost napięcia mięśni, natomiast nie ulegają one skróceniu. W rezultacie nie następuje zbliżanie się do siebie miejsc ich przyczepu na częściach kostnych. Rozwijana siła mięśniowa pozostaje w stanie równowagi z oporem zewnętrznym lub siłą ciężkości. Nie ma zatem efektu pracy w sensie mechanicznym. Jednak wzrost napięcia mięśnia, spowodowany jego izometrycznym skurczem, jest czynnym procesem fizjologicznym stanowiąc często duże obciążenie dla organizmu. Dlatego mówimy o pracy statycznej.

Podstawowa część obciążeń typu statycznego jest związana z napięciami posturalnymi odgrywającymi rolę w utrzymaniu pożądanej pozycji ciała. Pełną relaksację mięśniową uzyskuje się w zasadzie tylko w pozycji leżącej lub półleżącej. W innych pozycjach ciała rozwijana siła napinających się mięśni oddziałuje na kośćiec, zapewniając jego stabilizację przestrzenną wobec działania siły grawitacji. Praktycznie każdej pracy dynamicznej towarzyszą napięcia statyczne części grup mięśniowych, decydujące o pożądanej pozycji ciała. Część napięć statycznych ma charakter operacyjny, bezpośrednio związany z wykonywaną pracą, np. przy posługiwaniu się ciężkimi narzędziami, ręcznym podtrzymywaniu metalowych elementów przed ich zamocowaniem w obrabiarce itp. Napięcia operacyjne wiążą się przede wszystkim z koniecznością utrzymania kończyn górnych na pewnej wysokości oraz z ich obciążeniem. Odgrywają przy tym rolę kąty rozmieszczenia ramion i przedramion w stosunku do tułowia i połączeń stawowych.

Elementy statyczne pojawiają się również w pracy dynamicznej, jeśli skurcze mięśniowe - szczególnie przy znacznym obciążeniu - odbywają się powoli, co pod pewnymi względami upodabnia je do skurczów izometrycznych. W tej kategorii mieszczą się operacje ruchowe z udziałem znacznych sił.

Charakterystyka wysiłków statycznych

Aktywność mięśni w czasie typowych wysiłków statycznych i dynamicznych różni się w zasadniczy sposób. Najbardziej istotną cechą tej różnicy jest odmienny w obu wypadkach charakter skurczu mięśniowego. Podczas pracy dynamicznej skurcz odbywa się naprzemiennie z udziałem zginaczy i prostowników, tj. antagonistycznych grup mięśniowych. W ten sposób mięsień uczestniczący w pracy, po okresie krótkotrwałego skurczu, powraca do stanu wyjściowego i reakcja skurczowa może być powtórzona. Ma to duże znaczenie z punktu widzenia przemian metabolicznych zachodzących w pracującym mięśniu. Naprzemienne stany skurczu i rozkurczu nie tylko nie utrudniają, lecz wręcz ułatwiają krążenie krwi (efekt tzw. pompy mięśniowej) i wymianę składników między dopływającą krwią i pracującymi mięśniami. Mimo intensywnej pracy, dostarczanie tlenu i składników odżywczych oraz usuwanie dwutlenku węgla i innych produktów rozpadu może się odbywać bez trudności nawet przez długi czas.

Sytuacja jest odmienna podczas pracy statycznej. Długotrwałe napięcie mięśnia, poprzez ucisk na naczynia krwionośne, utrudnia swobodny przepływ krwi, co z kolei zakłóca dostarczanie niezbędnych składników i usuwanie produktów przemiany materii. W tych warunkach ułatwiony jest rozwój zmęczenia. Powstaje poczucie dyskomfortu, aż do pojawienia się reakcji bólowych w napiętych mięśniach. Całkowite przerwanie przepływu krwi przez mięsień następuje w czasie skurczu odpowiadającego około 50% jego maksymalnej siły. Utрудnienia przepływu pojawiają się przy dużo mniejszych napięciach mięśniowych, odpowiadających 10% siły maksymalnej (a nawet mniej). Jednak stopień tolerancji napięć o takim natężeniu jest dostatecznie wystarczający nawet przy dłuższym trwającym wysiłku.

Istotną cechą pracy statycznej jest stosunkowo małe zużycie energii. Nawet duże obciążenie w tych warunkach powoduje znacznie mniejszy wydatek energetyczny niż np. w czasie wykonywania lekkiej pracy dynamicznej. Koszt fizjologiczny pracy statycznej nie może być zatem wyrażony w kaloriach lub kilodżulach (kcal, kJ). Mimo niewielkiego zapotrzebowania energetycznego, w statycznie pracującym mięśniu powstają warunki do tworzenia się długu tlenowego i wzrostu znaczenia przemian beztlenowych. Wynikają stąd już wspomniane następstwa, jak poczucie dyskomfortu i osłabienie mięśni, odpowiadające zmęczeniu. Decydują o tym przede wszystkim mniej korzystne niż w czasie pracy dynamicznej warunki, w jakich odbywa się aktywność mięśniowa. Dlatego we wszystkich sytuacjach, w których jest to możliwe, należy zmniejszać obciążenie statyczne podczas pracy zawodowej, nawet jeśli doprowadziłoby to do zwiększenia dynamicznej aktywności mięśniowej i wzrostu zużycia energii. Takie postępowanie jest tym bardziej uzasadnione, jeśli wziąć pod uwagę upowszechnianie się zjawiska hipokinezji, co dotyczy zarówno warunków bytowania człowieka jak i jego pracy. Zmniejszona aktywność ruchowa stanowi negatywną cechę współczesnego życia o niemałym znaczeniu w bilansie wpływów zdrowotnych.

Z reakcji ogólnoustrojowej na obciążenia statyczne na uwagę zasługuje wzrost ciśnienia tętniczego krwi niewspółmierny do wydatku energetycznego. Dlatego intensywne wysiłki statyczne w pracy zawodowej i w życiu codziennym (np. noszenie ciężkich toreb z zakupami) są przeciwwskazane w przypadku osób z nadciśnieniem tętniczym, chorobą niedokrwienną i innymi chorobami serca. Reakcja presyjna podczas wysiłków statycznych wynika z intensywnego drażnienia receptorów mięśniowych, co powoduje wzmożony przepływ bodźców do ośrodków mózgowych oraz ich odpowiedź w postaci stymulowania wzrostu ciśnienia tętniczego.

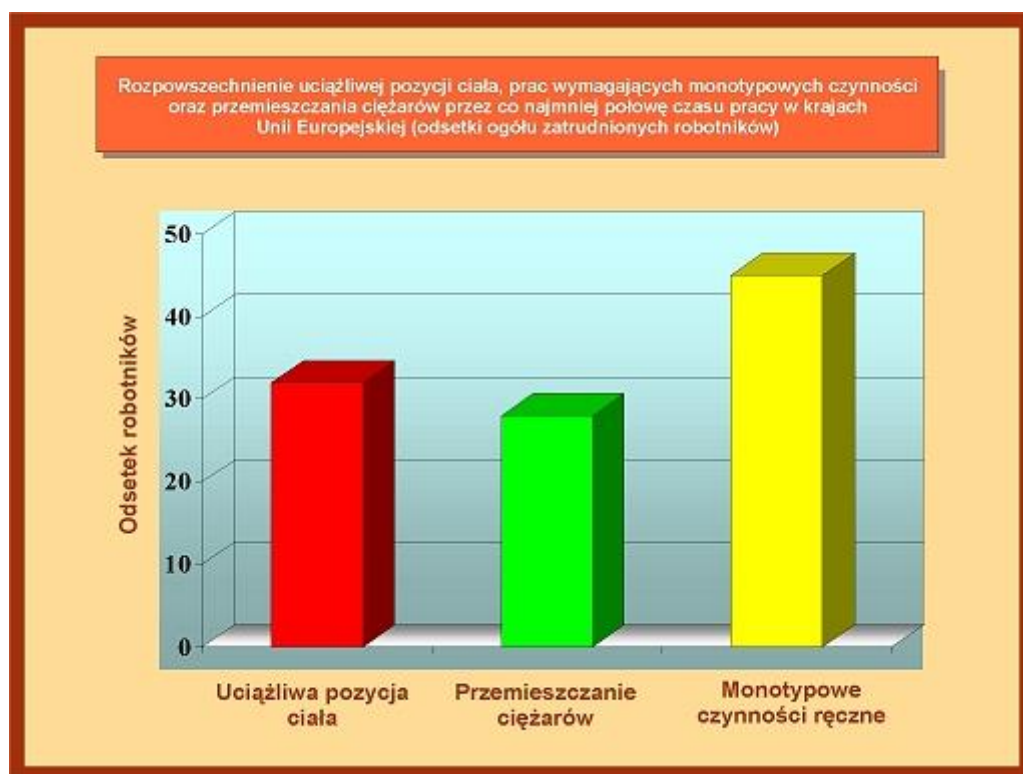
Rozpowszechnienie wysiłków statycznych w pracy zawodowej

Wysiłki typu statycznego stanowią bardzo istotny składnik ogólnego obciążenia w pracy zawodowej. Co więcej, ich rola wzrosła w warunkach współczesnych. Postępy mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych radykalnie zmniejszyły potrzebę wykonywania dynamicznej pracy z udziałem dużych grup mięśniowych tułowia i ramion. W znacznym stopniu została wyeliminowana ciężka praca fizyczna w dawnym znaczeniu, kiedy mięśnie ludzkie stanowiły źródło energii mechanicznej. Natomiast zwiększyła się liczba stanowisk pracy, na których dużą rolę odgrywa długotrwałe utrzymywanie stałej pozycji ciała, stabilizującej położenie głowy, tułowia i kończyn górnych: większość prac biurowych, praca operatorów monitorów komputerowych, pulpików sterowniczych i innych urządzeń, praca siedząca przy taśmach montażowych, większość stanowisk produkcyjnych w elektronice, praca kierowców pojazdów ciężarowych na długich trasach itp.

Jednocześnie rozpowszechniły się prace ruchowo monotypowe, najczęściej z udziałem dużego obciążenia mięśni palców, dłoni i przedramion. Przy dużej powtarzalności monotypowych operacji ruchowych skurcze małych mięśni osiągają częstotliwość od 30 do 200 razy na minutę, co stwarza warunki jak przy wysiłku statycznym, przede wszystkim ze względu na bardzo krótki czas relaksacji między skurczami. Ponadto wykonywanie tego rodzaju operacji ruchowych wiąże się przeważnie z wymuszoną pozycją ciała i wynikającymi stąd napięciami posturalnymi. Zwraca się uwagę, że reakcje metaboliczne, krążeniowe, a także subiektywne przejawy dyskomfortu i zmęczenia podczas pracy monotypowej odpowiadają klasycznemu obciążeniu statycznemu.

Elementy pracy statycznej występują również w czasie ręcznego przemieszczania ciężarów, które jest wciąż rozpowszechnione w zakładach przemysłowych, budownictwie, rolnictwie, transporcie, służbie zdrowia i innych działach gospodarki i usług (*manual material handling*). Występują przy tym takie czynności jak podnoszenie i przenoszenie ciężarów oraz pchanie i ciągnięcie. Czynności te stanowią różne kombinacje wysiłków dynamicznych i statycznych, odbywających się z udziałem napięć posturalnych i operacyjnych.

Na znaczenie opisanych rodzajów obciążeń z mniej lub bardziej wyraźnym udziałem wysiłków statycznych we współczesnych warunkach pracy wskazują dane z krajów Unii Europejskiej. Wynika z nich, że ponad 30% stanowisk pracy w tych krajach wiąże się z uciążliwą pozycją ciała, ponad 40% z wysoce powtarzalnymi ruchami rąk i blisko 20% z koniecznością przemieszczania ciężarów. Ocena ta jest oparta na założeniu, że dany rodzaj obciążenia trwa przez co najmniej połowę czasu pracy (fol.1) . Należy sądzić, że sytuacja w naszym kraju jest pod tym względem podobna lub niewiele się różni.



fol. nr 1

Wskazane rodzaje obciążeń przyczyniają się do ujawniania się zmęczenia i spadku zdolności wysiłkowej, a także powstawania różnych form patologii układu mięśniowo-szkieletowego. Lokalne przeciążenie i rozwój zmian zapalno-zwyrodnieniowych prowadzi do pojawiania się bólów mięśni i kręgosłupa. Najczęstsza ich lokalizacja to grzbietowa część tułowia obejmująca kark i barki oraz odcinek lędźwiowo-krzyżowy. Ważnym elementem występujących zespołów bólowych są zmiany wynikające z przeciążeń i mikrourazów kręgów i chrząstek międzykręgowych (tab.1) .

Tabela 1 Związek pozycji ciała z występowaniem lokalnych dolegliwości (wg Van Wely P.: *Design and disease*. Applied Ergonomics 1969, 1, 262-269).

Pozycja ciała	Lokalizacja dolegliwości bólowych i innych symptomów
Stanie	nogi (szczególnie stopy), okolica lędźwiowa
Siedzenie bez oparcia dla okolicy lędźwiowej i pleców	okolica lędźwiowa, mięsień prostownik grzbietu
Siedzenie bez podnóżka o odpowiedniej wysokości i kącie nachylenia	nogi (szczególnie kolana), okolica lędźwiowa

Siedzenie z umiejscowieniem łokci na zbyt wysokiej płaszczyźnie pracy	mięsień czworoboczny, mięsień równoległoboczny grzbietu, mięsień dźwigacz łopatki
Ramiona zwisające w pionie (brak podłokietników)	barki, ramiona
Ramiona uniesione	barki, ramiona
Głowa pochylona do tyłu	okolica szyjna
Tułów przechylony do przodu, pozycja przygarbiona	okolica lędźwiowa, mięsień prostownik grzbietu
Podnoszenie ciężarów w pozycji przechylonej do przodu	okolica lędźwiowa, mięsień prostownik grzbietu
Każda pozycja nienaturalna i wymuszona	zaangażowane mięśnie
Utrzymywanie stawu w krańcowej pozycji	zaangażowane mięśnie

Do powstawania różnego rodzaju urazów oraz patologii układu mięśniowo-szkieletowego w dużym stopniu przyczynia się podnoszenie ciężarów, a także stosowanie innych form manewrowania odpowiednio ciężkimi elementami. Istotna jest wielkość rozwijanych przy tym sił oraz zajmowana pozycja ciała, toteż ten aspekt zagadnienia skupia szczególną uwagę.

Powtarzalne monotypowe ruchy, szczególnie wówczas, gdy użyte siły są duże w stosunku do małych grup mięśniowych, nie tylko sprzyjają występowaniu uczucia dyskomfortu i zmęczenia. W pewnych sytuacjach stanowią przyczynę rozwoju przewlekłych stanów zapalnych ścięgien, pochewek ścięgnistych i kaletek maziowych. W ostatnich dekadach wydzielono rozwijający się na tym tle zespół cieśni nadgarstka, który stanowi coraz częstsze zjawisko z dziedziny zawodowej patologii układu ruchowego. Istnieją dane wskazujące, że w wyniku lokalnych przeciążeń oraz ich następstw w tkance łącznej torebek stawowych, ścięgien i więzadeł mogą się rozwijać przewlekłe zmiany reumatyczne prowadzące do zniekształceń i ograniczenia ruchomości połączeń stawowych.

Źródło: <http://nop.ciop.pl/>