

Dane ogólne

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 cycloergometrze. 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 auksotoniczny”.

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 pożądanego położenia 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 kośćciec, zapewniając jego stabilizację przestrzenną wobec działania siły grawitacji. Praktycznie każdej pracy dynamicznej towarzyszą napięcia statyczne części grup mięśniowych, decydujące o pożądanym położeniu 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 niemalym 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, pulpity 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.

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 kręgow i chrząstek międzykręgowych.

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/>