

# **MATERIAŁY SZKOLENIOWE**

# SPOSÓBY OGRANICZENIA OBCIĄŻENIA I ZMĘCZENIA NA STANOWISKACH PRACY POWTARZALNEJ

mgr inż. Patrycja Łach

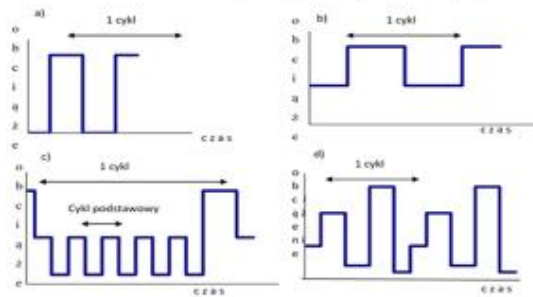
Na podstawie zadania w zakresie służb państwowych pt:  
„Zastosowanie transformaty falkowej do oceny zmęczenia mięśniowego w trakcie pracy monotypowej”

CIOP  PIB

## Konsekwencje zdrowotne wynikające z nadmiernego obciążenia pracą powtarzalną



## Charakterystyka pracy powtarzalnej



Wielokrotne wykonywanie cykli czynności roboczych:

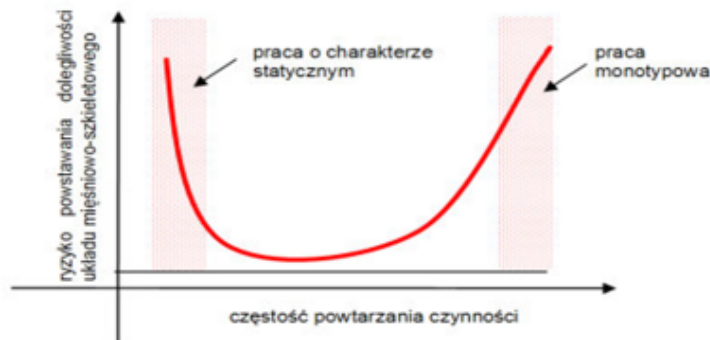
- Podobieństwo sekwencji czasowych
- Rozwijanych sił mięśniowych
- Przestrzennej charakterystyki ruchów



CIOP PIB

## Czynniki zagrożenia w miejscu pracy

- Raport Eurofound dotyczący narażenia pracowników na zagrożenia w miejscu pracy pokazuje, że czynności powtarzalne stanowią największy procent wśród czynników powodujących zagrożenie

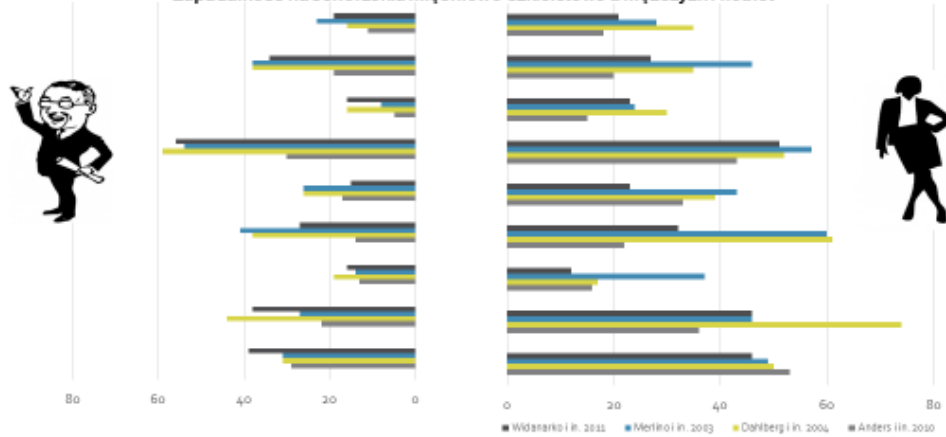


- Konieczność wykonywania powtarzalnych ruchów rąk i ramion oraz praca w męczącej i powodującej ból pozycji są dość powszechne, odpowiednio 61% and 43% pracowników jest narażonych na takie ryzyko przez co najmniej jedną czwartą czasu pracy

## SKUTKI NADMIERNEGO OBCIĄŻENIA PRACĄ FIZYCZNĄ

**ZESPOŁY PRZECIĄŻENIOWE** - dolegliwości najczęściej identyfikowane w populacji pracującej i są silnie zależne od rodzaju wykonywanej pracy. Przyczyną zespołów przeciążeniowych są obciążenia zewnętrzne na skutek których przekraczana jest wytrzymałość fizyczna oraz wydolność elementów układu mięśniowo-szkieletowego, począwszy od mięśni i ich przyczepów, przez ścięgna, chrząstki aż po kości.

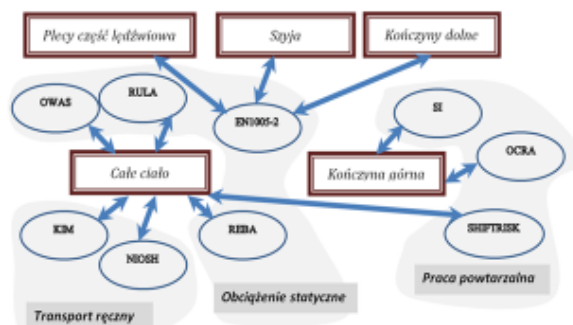
Zapadalność na schorzenia mięśniowo-szkieletowe u mężczyzn i kobiet



## Ocena biomechanicznych czynników obciążenia pracownika

### ZEWNĘTRZNEGO

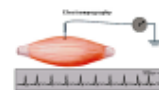
- Pozycja ciała
- Siła
- Czas



### WEWNĘTRZNEGO

- Reakcja organizmu na czynniki zewnętrzne

- Pomiar EMG



- Częstość skurczów serca



- Ciśnienie krwi



## PRZYKŁAD OCENY OBCIĄŻENIA ZEWNĘTRZNEGO Z ZASTOSOWANIEM METODY OCRA Charakterystyka stanowiska pracy

### Składanie elementów zagłówków samochodowych



Nr Czynności	Kończyna lewa	Kończyna prawa	Czas [s]	%
1.	Przytrzymanie materiału	Pobranie zagłówka	3	8
2.	Włożenie na stojak		1	3
3.	Pobranie pianki	Chwilowy odpoczynek	2	5
4.	Naciągnięcie pianki		3	8
5.	Naciągnięcie materiału + wakowanie		4	10
6.	Pobranie i nałożenie pokrowca		6	16
7.	Przytrzymanie		3	8
8.	Prostowanie szwów		13	34
9.	Zwrot zagłówka		3	8
NTC	9	8		
FCT			38	
FF	14	13		

NTC – suma czynności roboczych, FCT – czas trwania cykła, FF – Liczba czynności wykonywanych na minutę



## OCENA OBCIĄŻENIA ZEWNĘTRZNEGO - OCRA

PARAMETR		Wartość indeksu dla prawej kończyny	Wartość indeksu dla lewej kończyny
FCT	przewidywany czas trwania cyklu w sekundach	38	38
NTC	liczba czynności podstawowych	7	9
FF	częstotliwość odniesienia $FF=(NTC*60)/FCT$	11	14
CF	stała wyrażająca liczbę czynności podstawowych wykonywanych w czasie jednej minuty 30	30	30
$Po_M$	współczynnik pozycji ciała	0,7	0,7
$Re_M$	współczynnik powtarzalności > 50% czynności	0,7	0,7
$Ad_M$	współczynnik wyrażający czynniki dodatkowe	1	1
$Fo_M$	współczynnik siły	0,1	0,1
$Rc_M$	współczynnik wyrażający okres odpoczynku	1	1
$Du_M$	czas trwania czynności powtarzalnych	1	1
RF	zalecana liczba czynności podstawowych liczona w czasie minuty	1,47	1,47
OCRA	Occupational Repetitive Action $FF/RF$	7,48	9,52
	Ryzyko	nieakceptowalne	nieakceptowalne

## ZESPOŁY MIĘŚNIOWE NAJBARDZIEJ NARAŻONE NA PRZECIĄŻENIA



Dwugłowy ramienia



Trójgłowy ramienia



Naramienny



Czworoboczny



Zginacz łokciowy nadgarstka



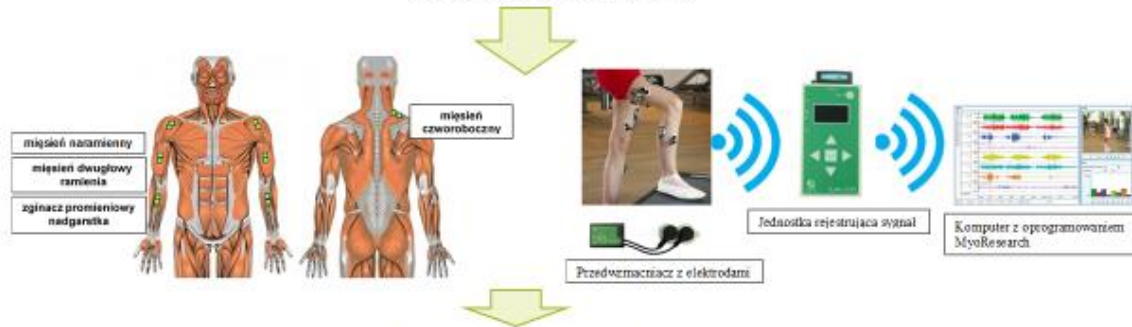
Odwodziciel krótki kciuka

## OCENA OBCIĄŻENIA WEWNĘTRZNEGO



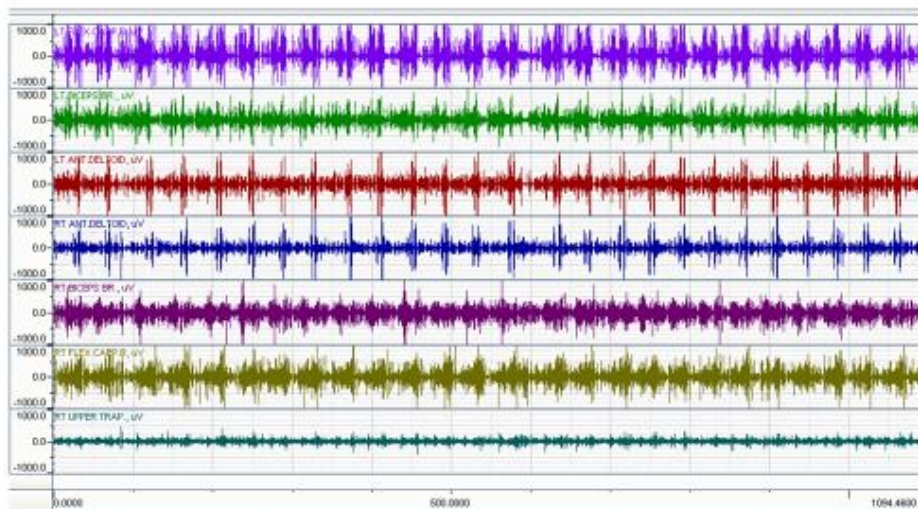
Podstawą oceny aktywności mięśni jest pomiar sygnałów elektrycznych z zastosowaniem elektromiografii powierzchniowej (EMG). EMG pozwala na szczegółowe badanie funkcjonowania mięśni w czasie wykonywania czynności roboczych dzięki czemu daje odpowiedź o faktycznym zmęczeniu układu mięśniowego człowieka. Zachwianie środowiska biomechanicznego mięśnia na skutek zmęczenia objawia się zmianą w sygnale rejestrowanym z mięśnia. Badanie elektromiograficzne, polega na pomiarze sygnału mięśniowego z powierzchni skóry. Za pomocą elektrod, odbiera się zmiany potencjałów elektrycznych powstające w mięśniach. Czym mięsień jest bardziej napięty, obciążony, tym sygnał ma większą amplitudę

## Identyfikacja obciążenia wewnętrznego na rzeczywistym stanowisku pracy powtarzalnej PROTOKÓŁ POMIAROWY



CIOP PIB

## Nierzetworzony sygnał zarejestrowany dla kilkunastu cykli



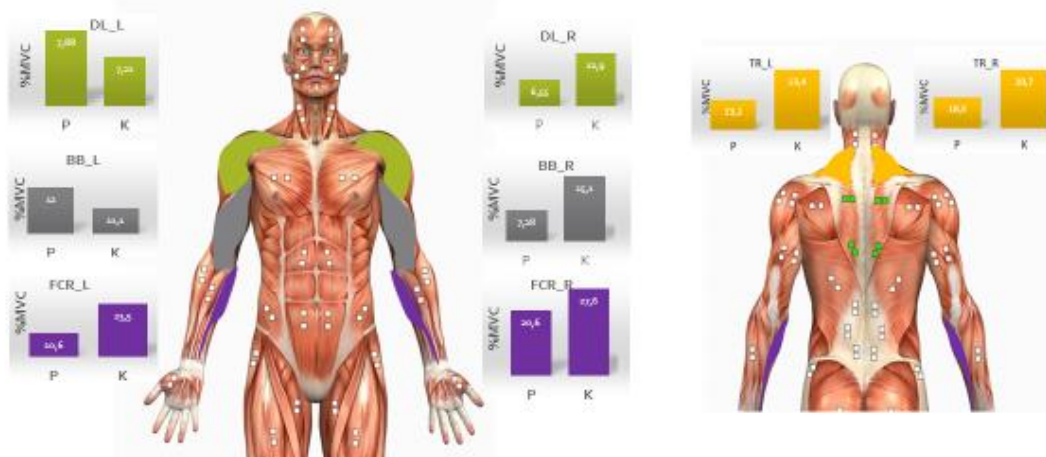


## Sygnal zarejestrowany podczas jednego cyklu pracy



CIOP PIB

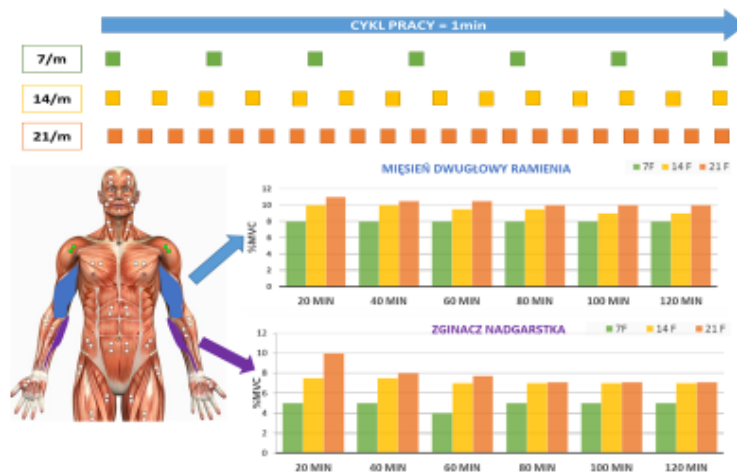
## WYNIKI BADAŃ OBCIĄŻENIA NA RZECZYWISTYM STANOWISKU PRACY POWTARZALNEJ



Wartości amplitudy sygnału EMG znormalizowane względem MVC, FCR – zginacz promieniowy nadgarstka, BB – mięsień dwugłowy ramienia, DL – mięsień naramienny część przednia, TR – mięsień czworoboczny, część górna, \_L – kończyna lewa, \_R – kończyna prawa



## TEMPO PRACY A OBCIĄŻENIE WEWNĘTRZNE



Średnie wartości amplitudy sygnału EMG znormalizowane względem wartości maksymalnej zarejestrowane podczas wykonywania zadania w trzech różnych tempach pracy (wg Gooyers i Stevenson (2012))

## IDENTYFIKACJA ZMĘCZENIA MIĘŚNIOWEGO

Parametry będące wskaźnikami zmęczenia mięśniowego

Wskaźniki zmęczenia mięśniowego

OCENA  
ZMĘCZENIA

MAKSYMALNY CZAS UTRZYMANIA  
OBCIĄŻENIA

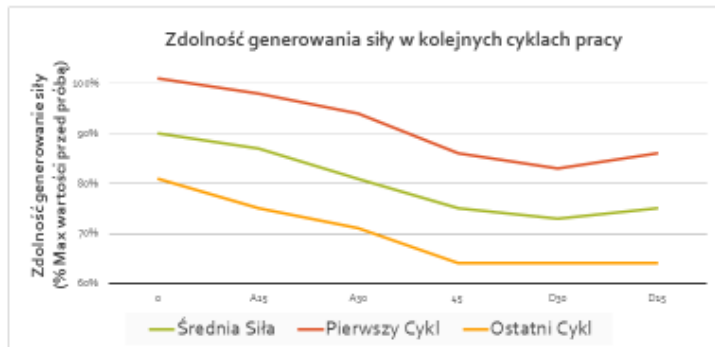
WARTOŚĆ SIŁY MAKSYMALNEJ

WARTOŚCI PARAMETRÓW  
CHARAKTERYZUJĄCYCH SYGNAŁ EMG

WARTOŚCI PARAMETRÓW FIZJOLOGICZNYCH

W wyniku utrzymującego się obciążenia mięśni dochodzi do ich zmęczenia. Proces zmęczenia jest efektem dużej intensywności wysiłku, na który składa się poziom siły skurczu mięśnia i czas trwania skurczu niezbędnego do generowania siły. Nie tylko bardzo intensywne wysiłki ale także wysiłek o średniej lub niskiej intensywności mogą prowadzić do zmęczenia. Gdy w długim przedziale czasu obserwuje się nieustannie zachodzące procesy pobudzenia mięśni, co wpływa na prawidłowe funkcjonowanie mechanizmów przekazywania nerwowo-mięśniowego, powodując zwolnienie rozprzestrzeniania się pobudzeń wzdłuż włókien mięśniowych, następuje zwolnienie procesów skurczu i rozkurczu oraz spadek możliwości siłowych. Uogólniając następuje upośledzenie sprawności psychomotorycznych co objawia się zaburzeniami w działaniu aparatu ruchu.

## Zdolność do utrzymania siły na zadanym poziomie

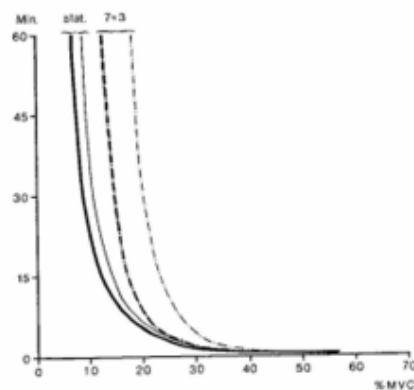


O pojawieniu się zmęczenia mówi się w sytuacji, gdy dochodzi do ubytków zdolności generowania siły. Spadek poziomu wywieranej siły jest objawem zmęczenia umożliwiającym jego ocenę bez potrzeby wnikania w procesy zachodzące w mięśniach. Rysunek 9 przedstawia w jaki sposób następuje zmniejszenie maksymalnej wartości siły ścisku ręki u osoby, która wykonuje prace powtarzalne. Zauważa się, że między siłą zarejestrowaną w pierwszym cyklu (pomarańczowa krzywa) a ostatnim dochodzi (szara krzywa) do zmniejszenia zdolności siłowych średnio o 20% (Sonne i in. 2015).

## Czasu utrzymania obciążenia MET (Maximum Endurance Time)

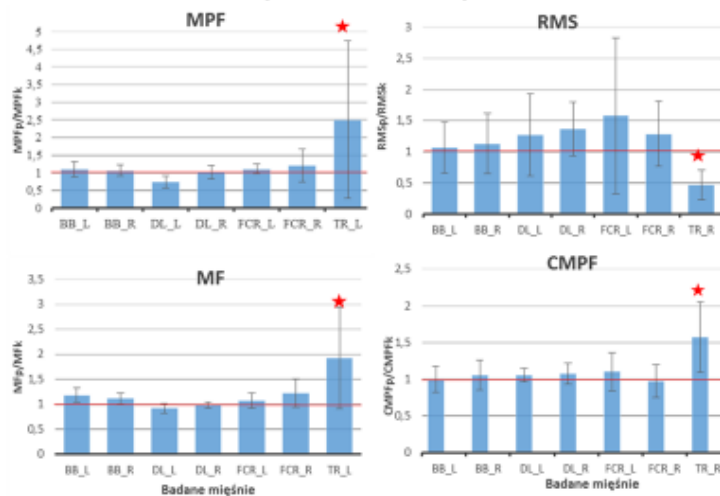


Średnia wartość maksymalnego czasu wytrwania (MET) przy różnym poziomie wywieranej siły (%MVC) przez kończyny górne, (wg El ahrache i in. 2009)



Siła vs. Czas (wg Bjorksten, Jonsson 1977)

## Zmiany wartości parametrów sygnału EMG



RMS – amplituda średniokwadratowa



MPF – częstotliwość średnia, wyznaczona na podstawie transformaty Fouriera



MF – częstotliwość medialna, wyznaczona na podstawie transformaty Fouriera



CMPF – częstotliwość średnia, wyznaczona na podstawie falki Morleta



Zmiany wartości parametrów sygnału EMG następujące pod wpływem pracy na Stanowisku A. Wykresy przedstawiają stosunek wartości danego parametru wyznaczonego z sygnału zarejestrowanego na początku zmiany roboczej do wartości z końca zmiany. Linia czerwona oznacza brak zmian wartości mierzonych parametrów. \* – różnice istotne statystycznie na poziomie istotności  $p < 0,05$

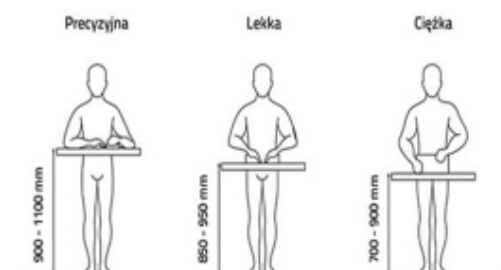
## Sposoby ograniczenia obciążenia na stanowiskach pracy powtarzalnej



Ocena obciążenia zewnętrznego kwalifikuje analizowane stanowisko do jednej z trzech stref ryzyka (I strefa – ryzyko małe, II strefa – ryzyko akceptowalne warunkowo, III strefa – ryzyko nieakceptowalne), natomiast ocena obciążenia wewnętrznego umożliwia zbadanie jak mocno aktywują się mięśnie podczas wykonywania czynności na danym stanowisku. Gdy wielkość obciążenia kwalifikuje je do strefy dużego ryzyka a aktywność mięśni przekracza 20% maksymalnych możliwości siłowych pracownika, należy podjąć działania mające na celu zredukowanie obciążenia na analizowanym stanowisku.

## Ergonomiczne dostosowywanie stanowisk pracy do rodzaju i charakteru wykonywanych czynności

Obszar pracy oraz wymiary stanowiska roboczego są czynnikami determinującymi pozycję przyjmowaną przez pracownika. Określone przestrzenne ułożenie części ciała składa się na całkowite chwilowe obciążenie, dlatego istotnym aspektem jest takie zaprojektowanie stanowiska pracy, aby obciążenie wynikające z przyjmowanej pozycji było minimalne.



W przypadku prac powtarzalnych istotnym elementem jest wysokość blatu roboczego, która determinuje ułożenie kończyn górnych. Optymalne położenie blatu roboczego zależy od typu wykonywanej pracy, a określana jest w stosunku do wysokości łokciowej. W przypadku prac niewymagających dokładności i precyzji ruchów, w pozycji ze swobodnie opuszczonymi ramionami dłonie powinny znajdować się około 75mm poniżej linii łokci. W przypadku prac manipulacyjnych łokcie nie powinny być podnoszone wyżej niż na 100mm ponad linie łokci, natomiast podczas prac dokładnych, w których niezbędna jest szczegółowa kontrola wzrokowa, położenie płaszczyzny roboczej jest znacznie wyższe w stosunku do normalnego

## ERGONOMIA NARZĘDZI DODATKOWYCH A OBCIĄŻENIE MIĘŚNIOWO-SZKIELETOWE

Wykorzystywanie narzędzi dodatkowych podczas wykonywania prac powtarzalnych wiąże się z przymusem ciągłego ściskania ręki i wywierania siły na używane narzędzie w celu jego utrzymania, co powoduje ciągłą aktywację mięśni przedramion odpowiedzialnych m.in. za zginanie prostowanie palców i nadgarstków. Dodatkowo w przypadku źle zaprojektowanego uchwytu, stosowanie narzędzia wymusza nienaturalne zgięcie, bądź skręcenie w nadgarstku lub nadmierne uniesienie ramion.

Przykłady niewłaściwego wyboru narzędzi do rodzaju wykonywanej pracy

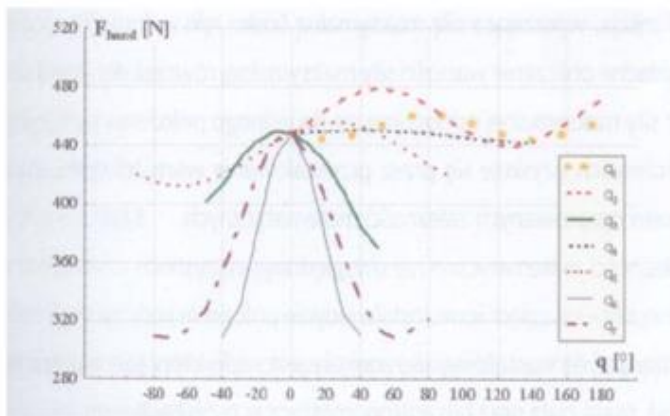


ŹLE

DOBRCZE



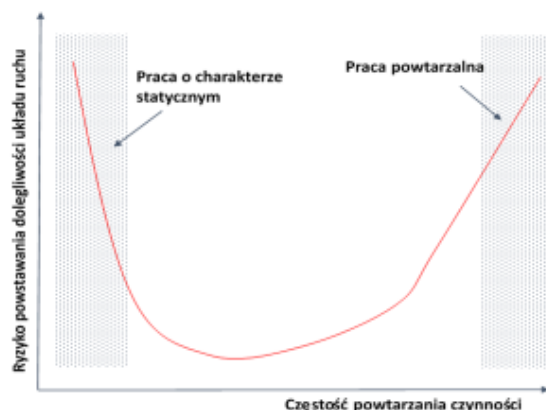
## Wartości sił maksymalnych ścisku ręki w zależności od położenia kończyny górnej (Roman-Liu )



- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| q1 – zginanie/prostowanie ramienia    | q4 – zginanie/prostowanie łokcia        |
| q2 – odwodzenie/przywodzenie ramienia | q5 – pronacja/supinacja łokcia          |
| q3 – supinacja przedramienia          | q6 – odwodzenie/przywodzenie nadgarstka |
|                                       | q7 – zginanie/prostowanie nadgarstka    |

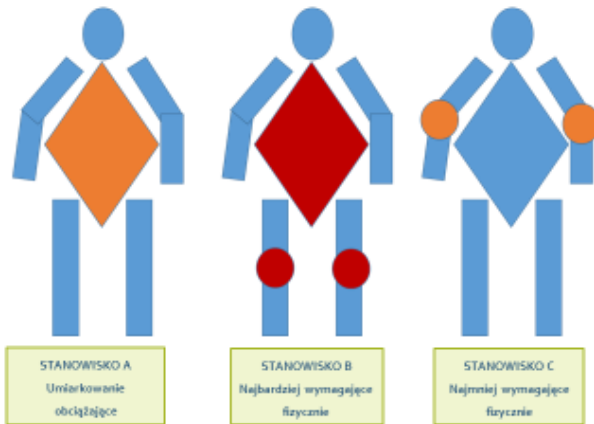
Przy wyborze narzędzi należy wziąć przede wszystkim pod uwagę wygodę w użytkowaniu oraz funkcjonalność. W przypadku, gdy stosowanie narzędzi wymaga użycia dużych sił, należy pamiętać, że zdolność do generowania siły na odpowiednim poziomie przez mięśnie zależy od położenia kąowego danej części ciała. W sytuacji, w której wymuszane jest nadmierne zgięcie w nadgarstku, siła chwytu ręki jest dużo niższa niż gdy nadgarstek znajduje się w pozycji neutralnej, bo jak pokazują badania Roman-Liu (2015) wraz z niewielką zmianą położenia kąowego siła generowana przez mięśnie zmienia się a jej maksimum przypada na pozycje najbardziej naturalne.

## Właściwa organizacja pracy, tempo pracy



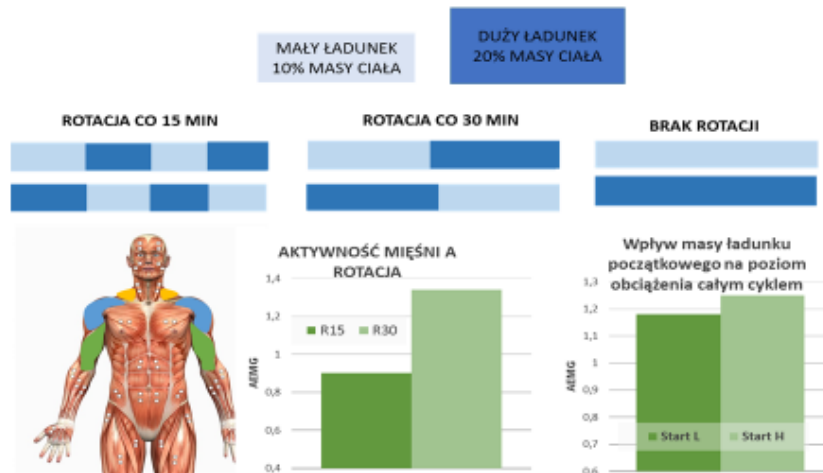
Charakterystyka czasowa czynności wykonywanych na stanowisku pracy w bardzo dużym stopniu wpływa na ryzyko powstania dolegliwości układu ruchu. Zarówno zbyt długie utrzymywanie nieruchomej pozycji w przypadku pracy o charakterze statycznym jak i zbyt częste powtarzanie tych samych czynności, podczas prac powtarzalnych, powoduje bardzo gwałtowny wzrost ryzyka. Dlatego należy tak dobrać tempo pracy aby znaleźć kompromis między liczbą wykonywanych czynności w jednostce czasu, będącą wskaźnikiem produktywności a obciążeniem mięśniowo-szkieletowym

## Rotacja na stanowiskach pracy



Rotacja między stanowiskami pracy rozumiana jako zmiana wykonywanych czynności w ciągu zmiany roboczej jest częstym zabiegiem, w którym pracownicy zmieniają się między różnymi stanowiskami. Takie podejście służy zmniejszeniu obciążenia mięśniowo-szkieletowego i w konsekwencji zmniejszeniu ryzyka rozwoju MSDs. Zabiegi takie argumentowane są możliwością odpoczynku jednej grupy mięśniowej, gdy podczas wykonywania innego zadania pracuje inna grupa mięśniowa. Zespół ekspertów BMW zdecydował się wprowadzić rotację na stanowiskach pracy mieszczących się na jednej linii produkcyjnej. Przy wyborze stanowisk wzięto pod uwagę obszary ciała podlegające obciążeniu oraz jego poziom

Niestety bywają sytuacje w których na wszystkich stanowiskach w obrębie linii produkcyjnej pracownicy wykonują podobne czynności, angażując te same grupy mięśniowe, w wyniku czego wdrożenie powyższego schematu nie ma racji bytu. W powyższej sytuacji należy zastanowić się, czy możliwym jest rotacja między dwoma jednakowymi stanowiskami pod względem rodzaju wykonywanych czynności, natomiast różniącymi się, np. wartości mas przenoszonych ładunków. (wg Horton i in. 2004)





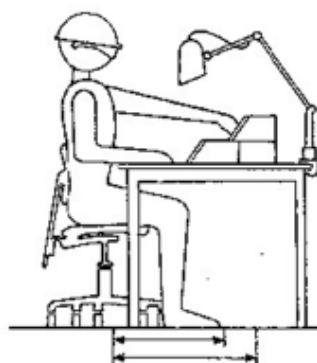
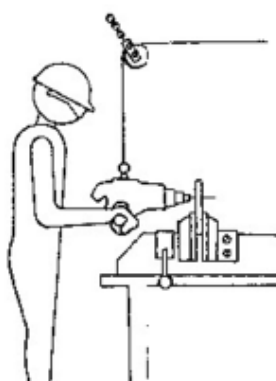
## Przerwy na odpoczynek

Seria badań przeprowadzonych w sektorze przemysłu wykazała, że przerwa 10-minutowa co godzinę jest bardziej korzystna na obniżenie poziomu zmęczenia, niż 15 min co 1,5 godziny (Bhatia i Murrell 1969). Ostatnie doniesienia również potwierdzają wyższość krótkiej przerwy wprowadzanej częściej nad dłuższymi przestojami w większych odstępach. Jak podaje Balci i Aghazadeh (2004) badając zmęczenie mięśni obręczy barkowej oraz przedramion, bardzo krótkie przerwy co 15 min, tzw. microbreaks obniżają obciążenie mięśni w stosunku do sytuacji w której pracownik robi przerwę 10 min co godzinę. Wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach McLean i in. (2002) w których mięśnie przedramion były mniej obciążone podczas stosowania protokołu pracy z „microbreaks” co 20 min niż podczas ciągłej pracy. Warto podkreślić, że zastosowanie częstszych przerw nie wpływało na obniżenie produktywności.

## Długość zmiany roboczej

Bosch (2011) z zespołem zbadał jak niewielkie wydłużenie zmiany roboczej wpływa na obciążenie mięśni. Obserwowano aktywność mięśni kończyn górnych w dwóch wariantach, podczas pracy 8 i 9,5 godzinnej. Skrócenie pracy o 1,5 godziny nie spowodowało zauważalnych różnic w poziomie obciążenia i zmęczenia mięśniowego. Natomiast Mathiassen i Winkel (1996) wykazali, że skrócenie dnia pracy ze zmiany 6 do 4 godzinnej wpływa korzystnie na zmniejszenie obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego pracowników fizycznych.

## Każde stanowisko pracy powinno ...



- Zapewnić dogodne warunki dla pracowników zarówno prawo- i leworęcznych
- Zapewnić każdej stacji roboczej krzesło, nawet jeśli praca jest wykonywana w pozycji stojącej
- Kiedy myślisz o tym, jak poprawić stanowisko robocze, pamiętaj regułę: jeśli pracownik czuje się dobrze, to prawdopodobnie ma rację. Jeśli natomiast czuje się nieswojo, to problem tkwi w projekcie stanowiska, a nie w pracowniku



