ARBETSMILJÖ FONDENS SAMMANFATTNINGAR

1290

Belastning av arm och skuldermuskulatur med och utan vibrationer — En elektromyografisk studie

För innehållet i sammanfattningen svarar Staffan Norlander och Henryk Wos, Bygghälsans Forskningsstiftelse, Box 94, 182 11 Danderyd, tel 08-753 31 60.

Pnr 85-1515 Vibrationer (33) *Juni 1989*

Bakgrund

Belastningsskador i arm, skuldra och nacke är ett stort problem i många yrken. Näst ryggbesvär är värk och försämrad rörelseförmåga i de övre extremiteterna den vanligaste orsaken till långvarig arbetsoförmåga. Nack-skulderproblematiken i sin helhet har multifaktoriella orsaker men statisk belastning av armens och skuldrans muskler under arbete anses ha särskilt stor betydelse för skadornas uppkomst. Vanligtvis innebär arbete med vibrerande handverktyg att övre extremitetens muskulatur arbetar statiskt, dels genom ett handgrepp kring verktygets handtag men också genom de tryckkrafter som appliceras vid arbete. Arbetet sker i olika kroppsställningar och graden av belastning beror dels på kroppsställningen, men också på verktygets vikt och arbetets svårighetsgrad. Frågan om huruvida vibrationer från handhållna verktyg kan vara en faktor som ökar belastningen på muskler och senor i arm och skuldra är ännu bara delvis kartlagd. Undersökningar har visat att skuldran är speciellt känslig för vibrationer i frekvensen 4—5 Hz och att den muskelelektriska aktiviteten ökar i vissa underarmsmuskler vid vibrationsexponering av handen.

Mätningar av hand-armsystemets energiabsorption har visat att förändringar av såväl grip- och tryckkraft som vibrationsfrekvens och accelerationsnivå påverkar graden av energiabsorption. Hur den muskelelektriska aktiviteten i arm och skuldra påverkas vid förändring av dessa parametrar är inte alls lika väl dokumenterat. Således är syftet med denna studie att kartlägga den muskelelektriska aktiviteten i några utvalda arm- och skuldermuskler under vibrationsexponering av handen.

Hur påverkas den muskelelektriska ak-

tiviteten i arm- och skuldermuskulatur under vibrationsexponering av:

1. förändrad arbetsställning?
2. förändrad grip- och tryckkraft?
3. förändrad frekvens?
4. förändrad acceleration?

Påverkas den muskelelektriska aktiviteten lika mycket i olika arm- och skuldermuskler eller är någon muskel speciellt känslig för vibrationsexponering?

Metoder och material

Tio friska män i åldern 20—22 år, icke rökare, deltog i försöken. Ingen hade tidigare yrkeserfarenhet av arbete med vibrerande verktyg.

Fem muskler undersöktes totalt varav två i underarmen, (m flexor carpi ulnaris och m extensorcarpi radialis longus). Dessa muskler böjer och stabiliserar handleden. En muskel undersöktes i överarmen, (m biceps brachii) och två muskler i skuldran, (m trapezius pars descendens och m infraspinatus). Valet av muskler gjordes i första hand ur klinisk synvinkel, ofta är någon av dessa muskler engagerade i den typiska symtombild som i Skandinavien benämns OCD (occupational cervichobrachial disorder).

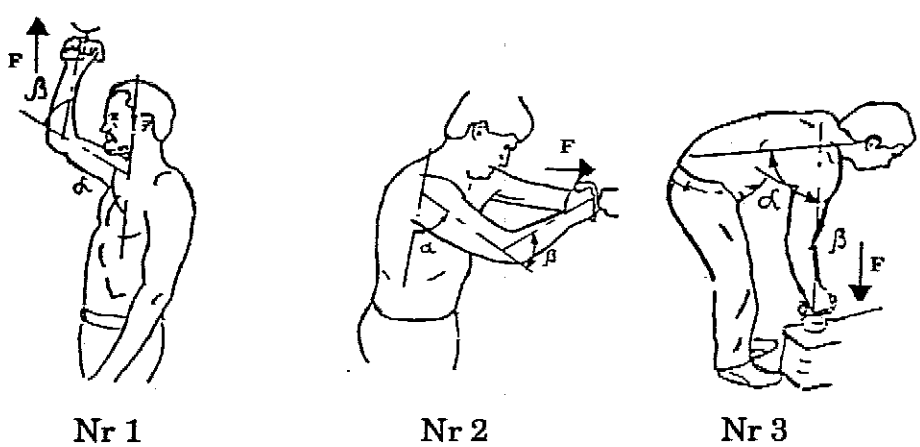
Den muskelelektriska signalen registrerades med hjälp av ytelektroder placerade över de utvalda musklerna i höger arm. EMG-signalen förstärktes därefter i förförstärkare och huvudförstärkare och spelades in på en 7-kanalig FM-bandspelare. Signalens kvalitet kontrollerades med hjälp av oscilloscope och FFT-analysator. EMG-signalen från bandspelaren lågpassfiltrerades och integrerades i en RMS Integrator med en tidskonstant vald till 100 ms. Med hjälp av FFT-analysatorn utfördes därefter en amplitudfördelningsanalys för att erhålla EMG-signalens amplitudfördelningsfunktion. Med en PC IBM/AT beräknades medelamplituden, uttryck i mV som ett mått på den genomsnittliga muskelkontraktionen.

Vibrationer genererades med en elektrodynamisk vibrator, en effektförstärkare samt en funktionsgenerator. Accelerationen (RMS) mättes med en accelerometer och en vibrationsmätare. Handen exponerades för vibrationer i Z-riktning, definierat enligt Svensk Standard (SS-ISO 5349). Tryckkraften (F) anbringades mot handtaget.

Gripkraften mättes med ett krafthandtag försett med trådtöjningsgivare och tryckkraften med en kraftgivare. Visarinstrument var kopplade till krafthandtag och kraftgivare så att försökspersonen erhöll visuell information om både grip- och tryckkraftens storlek.

Tabell I Sammanställning över utvalda vibrationsfrekvenser och accelerationsnivåer.

Frekvens (Hz)	Acceleration (m/s^2)
30	20, 30, 40, 60
120	20, 40, 60



Figur 1. De tre undersökta arbetsställningarna med tryckkraften (F).

Tabell II Sammanställning över de utvalda grip- och tryckkrafter som undersöktes med och utan vibration.

Nivå		Gripkraft (N)	Tryckkraft (N)	Repetitioner
1	a)	25	100	1
	b)	50	50	1
2	a)	50	100	2
3	a)	100	100	1
	b)	100	150	1

Hela försöksprogrammet tog omkring 6 timmar att genomföra för varje försöksperson. Sammanlagt genomfördes 58 delförsök i tre arbetsställningar. Försökspersonen fick efter noggranna instruktioner träna på att hålla konstanta grip- och tryckkrafter med och utan vibration. Därefter fick varje försöksperson genomföra följande försöksserie i de tre utvalda arbetsställningarna:

- Registrering av muskelns vilopotential.
- Registrering av muskelaktivitet vid maximala statiska kontraktioner.
- Registrering av muskelaktivitet vid de olika kombinationerna av grip- och tryckkraft, frekvens och acceleration enligt tabell I och II.

Hålltiden för varje försök var 30 sekunder. Vilan mellan varje delförsök var 2 minuter och 10 minuter mellan varje arbetsställning. Efter halva försöksprogrammet gjordes uppehåll på 1 1/2 timme.

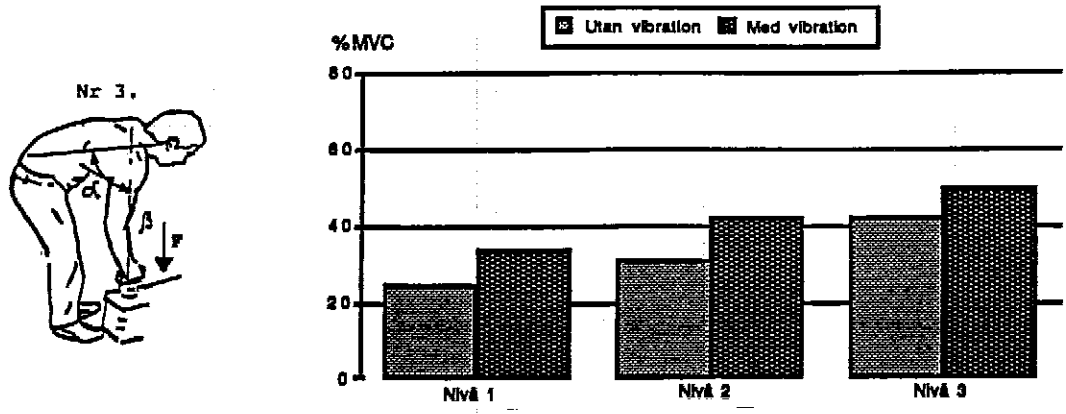
Resultat

Arbetsställningens inverkan på muskelaktiviteten

Arbetsställningen påverkar muskelaktiviteten i arm och skuldra, såväl med som utan vibrationsexposition. Vibrationer med frekvens 30 Hz och accelerationsnivån 30 m/s² påverkar i de flesta fall muskelaktiviteten. Signifikanta skillnader i muskelaktiviteten mellan vibrationsexponeringen och utan, noterades framförallt i arbetsställning Nr 3 för musklerna infraspinatus, trapezius och biceps samt i arbetsställning Nr 2 för biceps- och infraspinatusmuskeln (tab III).

		% av MVC					
Arbetsställning	**Muskel**	**Med vibration (V_1)**		**Utan vibration (V_0)**		**V_1-V_0**	**Signifikans**
		$\bar{x}$	Sd	$\bar{x}$	Sd		
	Flexor	32,4	15,4	28,5	14,4	4	ns
	Extensor	10,2	12,3	9,6	11,6	1	ns
	Biceps	30,2	20,2	30,3	21,1	0	ns
	Trapezius	56,9	24,3	56,6	23,1	0	ns
	Infraspinatus	67,7	32,6	66,4	29,9	1	ns
	Flexor	22,1	13,3	18,8	9,8	3	ns
	Extensor	15,5	17,2	14,0	15,2	2	ns
	Biceps	30,8	16,4	26,4	16,4	4	p<0,05
	Trapezius	45,6	31,6	48,9	43,8	-3	ns
	Infraspinatus	62,7	26,3	56,7	35,7	6	p<0,05
	Flexor	21,1	10,8	17,5	9,2	4	ns
	Extensor	7,4	6,5	6,2	5,5	1	ns
	Biceps	16,2	11,0	12,3	6,7	4	p<0,01
	Trapezius	28,6	14,0	24,5	13,0	4	p<0,01
	Infraspinatus	42,0	21,0	32,8	19,7	9	p<0,01

Tabell III. Arbetsställningens inverkan på muskelaktiviteten i arm och skuldra. Medelvärde av EMG uttryckt i % av MVC för alla sex kombinationer, grip- och tryckkraft (nivå 1—3, tab II). Med vibration 30 Hz, 30 m/s² och utan vibration (n=10).



Figur 2. Medelvärde av EMG uttryckt i % av MVC med och utan vibrationsexposition 30 Hz, 30 m/s² (RMS) vid ökad grip- och tryckkraft i 3 nivåer (n=10).

Grip- och tryckkraftens inverkan på muskelaktiviteten

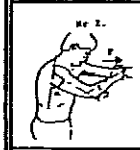
Försöken visar generellt att ökad grip- och tryckkraft medför en ökning av muskelaktiviteten.

M infraspinatus

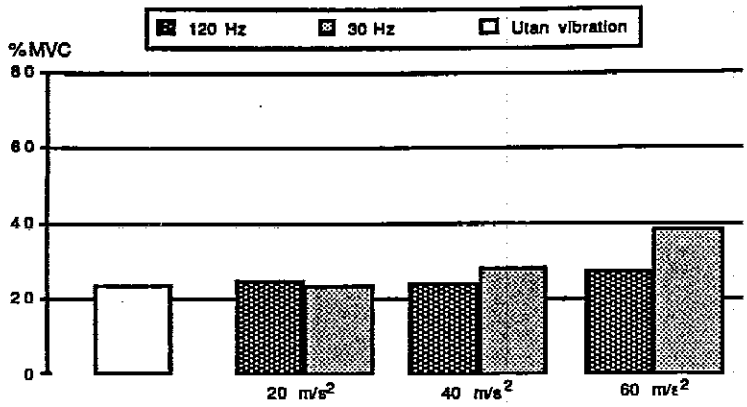
Infraspinatusmuskeln reagerade med ökad muskelaktivitet 0—11% av MVC under vibrationsexposition, signifikant skillnad (p <0,05) noterades i arbetsställning Nr 3 i nivå 1, nivå 2 och nivå 3.

Frekvensens inverkan på muskelaktiviteten

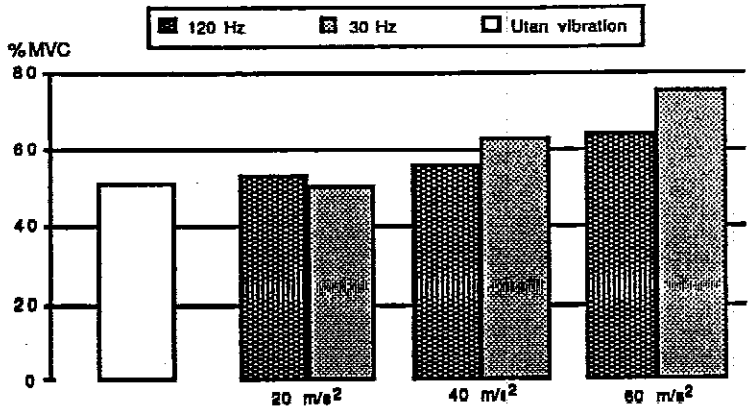
Försöken visar att muskelaktiviteten i de flesta fall ökar mer i vibrationsfrekvensen 30 Hz jämfört med 120 Hz. Signifikanta skillnader i muskelaktivitet mellan frekvensen 30 Hz och 120 Hz noterades för bicepsmuskeln och infraspinatusmuskeln i arbetsställning Nr 3 (tab IV).

				% av MVC					
Ställning	Grip-kraft (N)	Tryck-kraft (N)	MUSKEL	30 Hz (V_1) $\bar{X}$	Sd	120 Hz (V_2) $\bar{X}$	Sd	V_1-V_2	Signifikans
	50	100	Flexor	31,0	12,6	27,5	12,1	4	ns
			Extensor	15,3	21,7	13,3	18,0	2	ns
			Biceps	36,6	24,1	35,9	21,5	1	ns
			Trapezius	74,6	38,4	79,7	51,8	-5	ns
			Infraspinatus	75,5	37,6	77,5	50,3	-2	ns
	50	100	Flexor	21,2	10,8	18,2	9,9	3	ns
			Extensor	21,3	25,5	22,7	28,1	-1	ns
			Biceps	38,8	30,3	30,5	11,8	8	ns
			Trapezius	57,7	54,1	67,7	59,6	-10	ns
			Infraspinatus	72,1	44,1	64,4	35,4	8	ns
	50	100	Flexor	18,2	5,3	15,3	5,7	3	ns
			Extensor	7,0	6,4	6,4	7,3	1	ns
			Biceps	13,3	6,4	10,4	5,7	3	p<0,01
			Trapezius	29,8	14,0	27,2	12,2	3	ns
			Infraspinatus	41,9	19,7	31,4	17,6	11	p<0,01

Tabell IV. Frekvensens inverkan på muskelaktiviteten i arm och skuldra. Medelvärde av EMG uttryckt i % av MVC efter jämförelse mellan vibrationsexponering i frekvenserna 30 Hz respektive 120 Hz för tre accelerationer 20, 40 och 60 m/s². Grip- och tryckkraft är konstant, 50 N respektive 100 N.



Figur 3. Medelvärde av EMG uttryckt i % av MVC vid jämförelse av vibrationsexponering i frekvenserna 30 Hz, respektive 120 Hz vid ökad accelerationsnivå. Konstant grip- och tryckkraft, 50 N respektive 100 N. Motsvarande grip- och tryckkraft, utan vibration är inlagt som referens.



Figur 4. Medelvärde av EMG uttryckt i % av MVC vid jämförelse av vibrationsexponering i frekvenserna 30 Hz, respektive 120 Hz vid ökad accelerationsnivå. Konstant grip- och tryckkraft, 50 N respektive 100 N. Motsvarande grip- och tryckkraft utan vibration är inlagt som referens.

Accelerationens inverkan på muskelaktiviteten

Ökad acceleration ger ökad muskelaktivitet i såväl 30 Hz som 120 Hz. Ökningen är dock mycket kraftigare i frekvensen 30 Hz. Resultaten är presenterade som medelvärde för muskelaktiviteten i alla tre arbetsställningar.

M biceps brachii

Bicepsmuskeln reagerade med ökad muskelaktivitet 15 % av MVC vid ökad accelerationsnivå från 20 till 60 m/s² vid frekvensen 30 Hz, signifikant skillnad ($p < 0{,}05$).

M infraspinatus

Infraspinatusmuskeln reagerade med ökad muskelaktivitet 25 % av MVC vid ökad accelerationsnivå från 20 till 60 m/s² RMS vid frekvensen 30 Hz, signifikant skillnad ($p < 0{,}05$).

Diskussion

Studien visar att vibrationer påverkar muskeln så att den muskelelektriska aktiviteten ökar. Orsaksmekanismen bakom vibrationernas muskelaktivitetshöjande inverkan anses bero på vibrationens stimulerande verkan på muskelspolen och framför allt de primära ändsluten. Detta fenomen är ofta omskrivet som den toniska vibrationsreflexen (TVR) och innebär att en muskel som är isometriskt kontraherad och därefter utsätts för vibration reagerar med en ännu kraftigare, icke viljemässig isometrisk kontraktion.

Uppkomstmekanismen av arbetsrelaterade muskuloskelettala sjukdomar är ännu otillräckligt kända. En sak är man dock överens om, nämligen att hög, långvarig eller repetitiv statisk belastning är en väsentlig orsaksfaktor vid uppkomsten av dessa besvär. När en muskel kontraheras ökas trycket inne i muskeln och när kontraktionsnivån närmar sig 20 % av den maximala, sker en försämring av muskelns blodcirkulation. Arbete med vibrerande handverktyg medför ofta en arbetsställning med isometriskt kontraherade muskler i arm och skuldra. Vibrationer från verktyget kan genom inverkan av TVR eller genom ett ökat behov av stabilisering i arm och skuldra öka den isometriska muskelkontraktionen och därmed försämra cirkulationen samt öka belastningen på senor och muskelfästen. På detta sätt kan belastningen på en enskild muskel öka under inverkan av vibrationer och påskynda utvecklingen av inflammation eller tendinit. Denna påverkan kan då tänkas vara bidragande orsak till de belastningsskador som skulle orsakas av vibrationsexposition.

Resultaten visar att vibrationer i frekvensen 30 Hz och accelerationsnivåer över 20 m/s² påverkar muskelaktiviteten så kraftigt att den för musculus infraspinatus ökade med 25 % av MVC. Arbetsställning med rak eller lätt höjd armbåge kombinerad med hög grip- och tryckkraft ökar också muskelaktiviteten kraftigt, upp till 11 procentenheter av MVC jämfört med motsvarande försök utan vibration. Av de undersökta musklerna är infraspinatus och bicepsmuskeln speciellt känsliga för vibrationsexponering. Vid inflammationer i senfästena på dessa två muskler kan det finnas skäl att misstänka relation till arbetet om personen arbetat mycket med lågfrekventa och kraftigt vibrerande verktyg.

Generellt visar undersökningen att belastningarna på enskilda skuldermuskler är allt för hög även utan vibration om arbetet utförs under lång tid eller upprepat. Vibrationens inverkan är således att betrakta som en belastning som adderas till en redan befintlig nivå. En möjlig förebyggande åtgärd för att minska problematiken med tunga och vibrerande handverktyg kan vara användning av olika avlastningsstativ så att människan slipper vara stativ till verktygen.

Slutsatser

- Parametrarna, arbetsställning, grip- och tryckkraft, vibrationsfrekvens och accelerationsnivå är komplext integrerade och kan vid ogynnsamma kombinationer påverka muskulaturen i armen kraftigt.
- Av de undersökta parametrarna har låg vibrationsfrekvens, 30 Hz och hög accelerationsnivå 60 m/s² (RMS) den kraftigaste påverkan på muskulaturen i arm och skuldra och kan öka muskelaktiviteten för musculus infraspinatus ända upp till 25 % av MVC.
- Arbetsställning med rak eller lätt böjd armbågsled kombinerad med hög grip- och tryckkraft kan öka muskelaktiviteten för musculus infraspinatus upp till 11 % av MVC. Av de undersökta musklerna är infraspinatus och bicepsmuskeln de två muskler som är speciellt känsliga för vibrationsexponering av handen.
- Vid inflammation i senfästet på infraspinatus och bicepsmuskeln kan det finnas skäl att misstänka arbetsrelaterade besvär om personen i sitt yrke exponerats för lågfrekventa och kraftiga vibrationer.
- Genom applikation av avlastningsstativ på tunga och vibrerande verktyg kan man förebygga belastningsskador i arm och skuldra.

Rapporten

Belastning av arm och skuldermuskulatur med och utan vibrationer — En elektromyografisk studie (24 sid) BHF 1989:2, kan beställas hos Byggförlaget, Narvavägen 19, 114 69 STOCKHOLM, tel 08-663 51 00. Pris 40 kr.

Arbetsmiljöfonden

Box 1122, 111 81 Stockholm
Tel 08-796 47 00 (vx)

ISSN 0283-6718 Norstedts Tryckeri, Stockholm 1989