



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R61:1978

**Muskeltrötthet vid fem
byggnadsarbeten**

I. Skuldermuskulatur

Ingrid Ekholm

Ingemar Petersén

Roger Malmqvist m fl

Byggforskningen

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R61:78

MUSKELTRÖTTHET VID FEM BYGGNADSARBETEN

I. Skuldermuskulatur

Ingrid Ekholm
Peter Herberts
Roland Kadefors
Lars Lindström
Roger Malmqvist
Ingemar Petersén
Roland Örtengren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750819-1 från Statens råd för byggnadsforskning till Sahlgrenska sjukhuset, Yrkesmedicinskt centrum, Kliniskt neurofysiologiska laboratoriet, Göteborg.

I Bygghälsningsrådets rapportserie redovisar forskarna sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Nyckelord

ergonomi
byggnadsarbetare
byggarbeten
inomhus i tak
innertaksarbeten
påfrestningar
muskelbelastning
skuldror

UDK 331.015.11:69

R61:78

ISBN 91-540-2892-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
INLEDNING	3
Bakgrund	3
Historik	3
Målsättning	4
Resurser	5
MATERIAL	6
Arbetstyper	6
Arbetsmoment	8
Spikning av glespanel	9
Skruvning av gipsplattor i tak	11
Borrning vid undertaxsmontage	13
Manuell spackling av gipstak	13
Maskinell sandspackling av betongtak	15
Arbetsplatser	18
Klinisk bakgrund	21
Val av undersökta muskler	22
METODER	24
Fysiologisk bakgrund	24
Dynamiskt och statiskt arbete	24
Lokal muskeltrötthet	24
Elektromyografi - EMG	26
Energi och arbete	28
Datainsamling	31
Elektromyografi	31
Trådelektroder	33
Elektrokardiografi - EKG	34
Signalbehandling	34
Oktavbandsanalys	34
Trötthetsindexmetoden	35
Trötthetsincidentanalys	37
Pulsfrekvensanalys	39

Praktiskt analysförfarande	39
Preliminär datareduktion	39
Automatisk kontroll av signalkvalitet	41
Trötthetsindexanalys	43
Pulsfrekvensanalys	43
Statistisk bearbetning	44
Intervjuundersökning	44
RESULTAT AV BELASTNINGSMÄTNINGARNA	45
Trötthetsindexanalys	45
Trötthetsincidentanalys	48
Analys av pulsfrekvens och utandningsluft	51
Resultatsammanfattning	53
BYGGNADSRARBETARNAS UPPLEVELSE AV BELASTNINGAR OCH PÅFRESTNINGAR I ARBETSMILJÖN	54
I. Inledning	54
II. Metodbeskrivning	54
III. Resultat	57
Mekanisk belastning	57
Kemisk belastning	61
Fysikalisk belastning	61
Teknisk belastning	61
Social påfrestning	64
IV. Förslag till förbättringar	67
V. Jämförelse med Bygghälsans miljöprofiler	68
VI. Slutsatser och kommentarer	69
DISKUSSION	75
ÅTGÄRDSFÖRSLAG	80
Förslag med anledning av de fysiologiska och kliniska resultaten	80
Förslag baserade på intervjuundersökningen	81
REFERENSER	84

SAMMANFATTNING

Belastningen på skuldrans muskler i några typer av byggnadsarbeten med hög skulderbelastning har undersökts med kliniskt neurofysiologiska metoder. Byggarbetarnas beskrivning av arbetsbelastning och arbetsmiljö har kartlagts genom intervjuer. Arbetstyperna var spikning av glespanel i tak, fastskruvning av gipsskivor i tak, borrhning i tak vid undertaksmontering, handspackling i tak och sandspackling i betongtak (maskinspackling).

Registreringar av elektriska muskelsignaler (EMG) från fyra skuldermuskler samt pulsfrekvens (EKG) gjordes under dagligt arbete på olika arbetsplatser i göteborgsregionen. Undersökningen omfattade 56 arbetare.

Analysen av EMG-registreringarna har genomförts med olika metoder, som dels utvisar speciella effekter i muskulaturen till följd av belastningen (trötthetsindexanalys), dels beskriver dessa effekter i relation till arbetets art (trötthetsincidentanalys).

Resultaten av belastningsmätningarna i de olika grupperna visar samma typ av muskelpåfrestning som tidigare konstaterats vid handsvetsning. Det visade sig dessutom möjligt att gradera de olika byggarbetena med hänsyn till belastning av skuldermusklerna. Handspackling ger högst belastning på skuldran. Samtliga arbetsmoment utom spikning och skruvning ger signifikant belastning i åtminstone någon muskel. Av musklerna visar supraspinatusmuskeln högst belastning i samband med borrhning. Även vid maskinspackling är belastningen hög i denna muskel. Av resultaten framgår också att arbeten som ger höga belastningar i vissa muskler ofta har mindre omväxling i kontraktionsmönstret. Metoderna visar således skillnader i belastning mellan olika arbetsmoment och muskler. Dessa belastningar är ofta höga utan att avspeglas i en förhöjd allmän belastning på kroppen mätt med exempelvis pulsfrekvens.

Resultaten av intervjuundersökningen visar god samstämmighet med resultaten av belastningsmätningarna. Belastningen på skuldra och nacke anges som hög i alla arbetsmomenten. Även

andra faktorer än arbetets tyngd anges som avsevärt belastande, till exempel damm, buller och risker för olycksfall.

Några förslag till åtgärder för att minska belastningen i de aktuella arbetstyperna redovisas.

INLEDNING

Bakgrund

Inom många arbeten är besvär från rygg och skulderregion ett stort problem. För den drabbade är smärtor och rörelsesvårigheter ett gissel, och för samhället innebär det en stor ekonomisk belastning med produktionsbortfall, sjukvårdskostnader, sjukförsäkringskostnader och sjukpensionsutgifter. En redovisning av problemens förekomst och omfattning återfinns i en rapport utarbetad i Arbetarskyddsfondens regi (ASF, Rapport nr 1, 1976).

Historik

Under åren 1972 till 1977 gjordes en bred forskningsinsats på arbetsmiljöns område vid Götaverkens Arendalsvarv (Petersén & Kadefors, 1977). Undersökningen avsåg svetsare. I ett av delprojekten utnyttjades kliniskt neurofysiologiska metoder för att mäta muskelbelastning på ett sätt, som har nära samband med upplevelsen av trötthet lokalt i muskeln. En ergonomisk analys av muskelansträngningen var angelägen, eftersom svetsarens arbete ofta utförs i mycket påfrestande kroppsställningar. Speciellt undersöktes skuldermusklerna, då det framkommit att många äldre svetsare hade smärtbesvär i skulderregionen. Resultaten visade att vissa muskler ansträngdes mera än andra vid handsvetsning, särskilt hos mindre erfarna svetsare (Kadefors, Petersén & Herberts, 1976). I ett material av äldre svetsare kunde med röntgenfotografering iakttas inflammatoriska förändringar i senan till en muskel i skuldran som trolig orsak till skulderbesvären (Herberts & Kadefors, 1976). Undersökningen pekar mot att en ökad förslitning av senan inträffar p.g.a. överbelastning av muskeln. Tekniken vid handsvetsning och arbetets natur medför nämligen ofta och under långa tider en statisk belastning på muskeln och senan, vilket sannolikt försämrar blodförsörjningen, dvs näringstillförseln, till senan.

Rönen från svetsarundersökningen föredrogs 1975 inför bland annat Byggnadsarbetareförbundets avdelning 12 i Göteborg. Därvid väcktes intresset för en undersökning av byggnadsarbetares rygg- och skuldermuskulatur. Man uppmärksammade nämligen

en rad likheter mellan svetsares och byggnadsarbetares arbeten och deras rygg- och skulderbesvär. Medel till en sådan undersökning söktes från Statens råd för byggnadsforskning, som beviljade pengar till en pilotstudie. Denna redovisades 1976 i rapport till rådet. Resultaten visade, att det även inom vissa grupper av byggnadsarbetare förekommer långvarig, lokal muskeluttröttnings. Med denna kunskap som grund har vi genomfört en mer omfattande undersökning av skuldermuskulaturens belastning i några typer av arbete inom byggnadsbranschen.

Målsättning

Målet för denna undersökning har varit att bidra till större kunskap om vissa arbeten inom byggnadsindustrin, framför allt beträffande påfrestningen av skuldrorna. På så sätt ville vi öka kännedomen om belastningssjukdomar och skador uppkomna genom arbetet samt föreslå åtgärder, som syftar till att reducera risken för framtida besvär.

Resurser

Följande personella resurser har stått till projektets disposition:

Ingemar Petersén, professor i klinisk neurofysiologi, särskilt arbetslivets kliniska neurofysiologi, vid Göteborgs universitet, Kliniskt neurofysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset. Projektledare.

Peter Herberts, docent i ortopedi, Ortopedisk-kirurgiska kliniken, Östra sjukhuset.

Thorvald Bjurö, docent i klinisk fysiologi, Kliniskt fysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset.

Roland Kadefors, docent i medicinsk elektronik, Göta-verken AB.

Lars Lindström, docent i tillämpad elektronik, Kliniskt neurofysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset.

Roland Örtengren, docent i tillämpad elektronik, Yrkesmedicinskt centrum, Sahlgrenska sjukhuset.

Roger Malmqvist, civilingenjör, doktorand i tillämpad elektronik, Kliniskt neurofysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset. Kontaktman för projektet.

Pär Arkelsjö, laboratorieingenjör, Yrkesmedicinskt centrum, Sahlgrenska sjukhuset.

Leif Mattsson, laboratorieingenjör, Kliniskt neurofysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset.

Ingrid Ekholm, filosofie kandidat, socionom, doktorand i sociologi, Kliniskt neurofysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset.

Gunnar Abrahamsson, företagsöverläkare, Bygghälsans central i Göteborg.

Per Olov Zethréus, skyddsingenjör, Bygghälsans central i Göteborg.

Göran Axell, ordförande i LO-distriktet i Göteborg.

Eivon Gidsäter, ombudsman i Byggnadsarbetareförbundets avd. 12 i Göteborg.

Statens råd för byggnadsforskning har lämnat medel för anställning av Roger Malmqvist.

Den omfattande datoranläggning och de avancerade resurser för insamling, lagring och bearbetning av bioelektriska signaler, som finns på Sahlgrenska sjukhusets kliniskt neurofysiologiska laboratorium, har stått till projektets disposition.

Vidare har utrustning och metoder för studier av energiomsättning under arbete och vid laboratorieprov kommit projektet till del genom samarbete med kliniskt fysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset (Thorvald Bjurö).

MATERIAL

Arbetstyper

I samråd med fackliga representanter, företrädare för Bygghälsan och arbetare på arbetsplatserna utvaldes fem typer av arbeten som medför hög påfrestning på skuldrorna, eftersom dessa arbeten i stor utsträckning utförs med händerna över skulderhöjd. Dessa arbeten är:

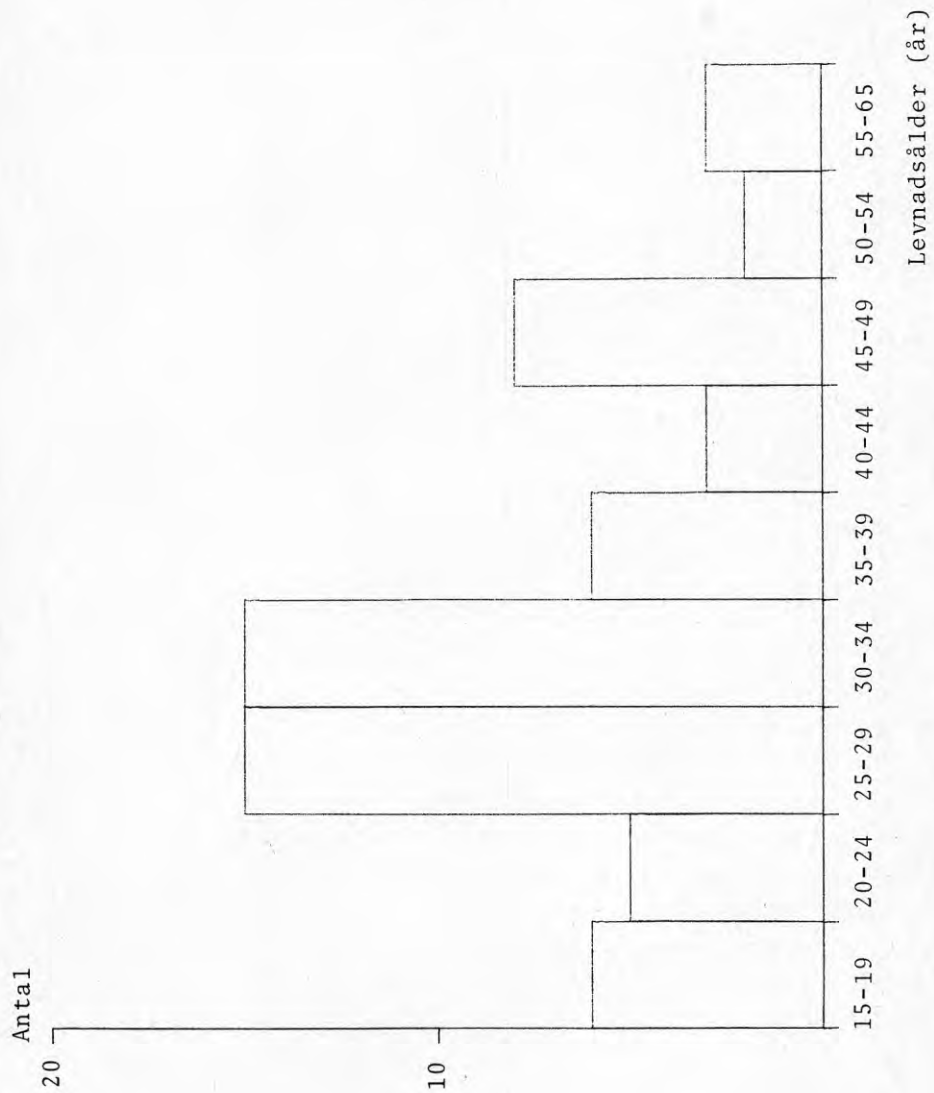
- Spikning av glespanel
- Skruvning av gipsplattor i tak
- Borrning vid undertaksmontage
- Manuell spackling av gipstak
- Maskinell sandspackling av betongtak

En beskrivning av arbetena följer under rubriken *Arbetsmoment*.

Vid 69 mätningar på 20 olika arbetsplatser gjordes registreringar av muskelelektriska signaler (elektromyografi, EMG) på 62 män i åldern 17-62 år (se Fig. 1). Deras anställningstid i yrket varierade från 1 till 39 år.

Inom varje typ av arbete har minst tio män undersökts. Två eller tre av dessa har följts under en hel arbetsdag och de övriga under ca en timme.

Fem män uteslöts från redovisningen på grund av att de utförde arbeten, som skilde sig från vad vi avsåg att studera. I ett fall spolierades registreringen helt på grund av starka störningar från en radiosändare under registreringen. Antalet försökspersoner efter bortfall är alltså 56. Registrering av hjärtfrekvens (puls) gjordes vid alla registreringar utom de åtta första. Från två eller tre män för varje arbetstyp har utandningsgaser samlats upp under arbetet. Samma män deltog senare i arbetsprov på ergometercykel. Fördelningen av försökspersoner och registreringar på de olika arbetstyperna framgår av Tabell 1. Alla försökspersoner utom tre intervjuades för att ge en ytterligare belysning åt de undersökta arbetena.



Figur 1. Histogram över försökspersonernas levnadsålder.

Tabell 1. Fördelning av antal försökspersoner och registreringar på de olika arbetstyperna.

Arbetstyp	Antal EMG-registreringar			Antal försökspersoner	
	En timme	Heldag	Totalt	Utandningsgaser	Totalt
Glespanel-spikning 1)	9	3	12	2	10
Skruvning av gipsplattor	11	2	13	3	11
Borrning vid undertaks-montage	11	3	14	3	13
Manuell spackling av gipstak 1)	11	2	13	3	11
Maskinell sandspackling av betongtak	9	2	11	3	11
SUMMA	51	12	63	14	56

1) För tre entimmesregistreringar av handspackling och en av glespanelspikning saknas värden från supraspinatusmuskeln.

Arbetsmoment

De snickare som handspikar glespanel arbetar alltid i lag om två man; de som enbart spikar med maskin arbetar antingen ensamma eller i lag om två man. De snickare som skruvar gipsplattor i tak arbetar alltid i tvåmannalag. Undertaxsmontörerna arbetar oftast ensamma, men det förekommer att man arbetar i par. De målare som handspacklar gipstak arbetar alltid ensamma och de målare som bredspacklar betong arbetar alltid i lag, oftast om två man, men tre förekommer också.

Snickarna arbetar förutom med de moment vi undersökt även med annat; resning av husstommar, läggning av taktegel etc. Inom de tre övriga grupperna gäller att specialiseringen till de moment vi undersökt är långt driven: var och en arbetar i årtal med så gott som uteslutande en arbetstyp. Beskrivningarna av arbetsmomenten nedan avser högerhänta.

Spikning av glespanel. En man hämtar läkten och håller den på plats medan den andre fäster den med två spikar. Sedan spikar båda. Läktens undersida ligger några cm ovanför huvudet på snickaren, som slår in 75 mm trådspik med en snickarhammare. Han spikar med armen flekterad så, att vinkeln mellan över- och underarm blir 100-120 grader. Armen ligger i ett huvudsakligen horisontellt plan. Spikningsarbetet engagerar väsentligen skuldermuskulaturen. Ledrörelserna sker så gott som enbart i axelleden (se Fig. 2 a). Spikningen görs i hus utan yttertak. Stundtals är arbetsställningen mycket besvärlig, särskilt vid panelning av snedtak på husets övre plan.



Figur 2 a. Handspikning av glespanel.

Golvet är inlagt på större delen av detta plan, dock inte längst ut där takhöjden är lägst. Detta gör att snickaren får ligga på rygg på lösa luckor och spika uppåt i ett trångt utrymme. Detta arbete är dels fysiskt påfrestande, dels förenat med risk för fall.

I vissa sammanhang använder man spikmaskin vid spikning av glespanel. Antingen fäster man då läkten i takstolarna för hand och spikar huvuddelen av spikarna med maskin, eller också använder man maskinen även till att fästa läkten.

De spikmaskiner som använts är av några olika fabrikat och modeller. Samtliga är tryckluftsdrivna. De väger mellan 4 och 6 kg. Förutom vikten är magasinens typ och storlek olika hos maskinerna. En typ har magasin för 500 spikar, som sitter på ett hoprullat band. En annan har ett rakt, stelt magasin för 100 spikar. Den senare maskintypen föreföll att något oftare få "eldavbrott" än den förra. I bägge typerna används 75 mm räfflad trådspik. Maskinerna liknar stora klammerpistoler och hålls också som sådana. Spiken slås i med ett enda slag av maskinen; man talar om att skjuta in spiken. Maskinerna har pistolavtryckare i handtaget och en säkerhetsspärr vid mynningen. Spärren måste vara intryckt för att maskinen skall kunna skjuta. I praktiken används en spikmaskin så, att avtryckaren trycks in och hålls inne; sedan för man snabbt maskinen mot arbetsstycket. Säkerhetsspärren trycks då in, och maskinen skjuter en spik. Först när man spikat färdigt eller skall förflytta sig släpps avtryckaren. Maskinen hålls i höger hand, avtryckaren manövreras med pekfingeret. Underarmen hålls framåt, något utåt till höger i ett horisontellt plan. Under skottet höjs armbågen något. Överarmen hålls nästan vertikalt, vinkeln i armbågen varierar mellan 90° och 120° , och den är störst under skottet (se Fig. 2 b). Huvudet hålls något bakåtlutat, vänt åt vänster, och ögonen är slutna under skottet, på grund av att det flyger omkring delar av magasinet, pappflisor, under skottet. Hörselskydd bärs så gott som alltid vid maskinspikning på grund av den mycket höga impuls ljudnivån. Vid skottet ger maskinen en ganska kraftig rekyll. Maskinspikning anses något mer tröttande än handspikning, men arbetspassen blir ganska korta, sällan över en halvtimme,



Figur 2 b. Maskinspikning av glespanel.

eftersom det går så fort att glespanela ett våningsplan på ett hus med spikmaskin.

Eftersom både hand- och maskinspikning ofta förekommer under samma registrering, har dessa båda typer av arbeten behandlats som en enda.

Skruvning av gipsplattor i tak. Gipsplattorna ligger travade på golvet. En linje ritas på mitten av den översta plattan i dess längdriktning. En spik slås i plattan på linjen några dm från vardera kortändan. Spikarna går precis igenom plattan och används till att fästa plattan i taket, så att man slipper hålla upp den under skruvningen. Snickarna hjälps åt att bära plattan och lyfta den i läge. Sedan håller den ene plattan med båda händerna, medan den andre släpper den med ena handen, tar hammaren och slår i spikarna.

Därefter skruvas plattan fast med hjälp av ca 35 mm långa, självborrande skruvar. De har krysspår av Phillips-typ, vilket gör att en skruv sitter fast av sig själv på verktyget medan den förs till plattan och under det att den dras i. Skruv-

dragaren är elektrisk och liknar en handborrmaskin. Den har strömbrytare av typ avtryckare och mekanisk urkoppling av vridmomentet när skruven är fullt idragen. Skruvdragaren hålls med höger hand, och en skruv sätts på mejseln med vänster. Skruvdragaren lyfts tills skruvspetsen når rätt plats. Med stor kraft trycks maskinen uppåt, antingen med höger hand eller med båda händerna. Samtidigt startas maskinen. Den tid det tar att dra fast skruven, dvs den tid kraften behöver verka, är mellan en halv och en sekund. Gipsskivorna brukar vara 120 cm breda, längden varierar mellan 2 och 3,5 m. Avståndet mellan skruvarna är ca 15 cm, och plattan skall skruvas utefter alla sidorna och mittlinjen. Detta gör att en arbetare får dra i mellan 25 och 50 skruvar i snabb följd i varje platta.

Under idragningen hålls maskinen nära kroppens lodlinje. Arbeta rörelsen verkar att till viss del utföras av skuldermuskulaturen genom att hela axelpartiet höjs (se Fig. 3).



Figur 3. Skruvning av gipsplattor i tak.

Borrning vid undertaksmontage. Undertaksmontage består av fyra olika delmoment: borrning av hål i betongtaket, uppsättning av pendlar, upphängning av skenor och uppsättning av kassetter. Tidåtgången för de olika delmomenten är ungefär lika, möjligen med någon övervikt för uppsättning av kassetterna på grund av att tillklippning vid kanter och hörn också ingår. Det tyngsta momentet är borrningen, varför vi har studerat den.

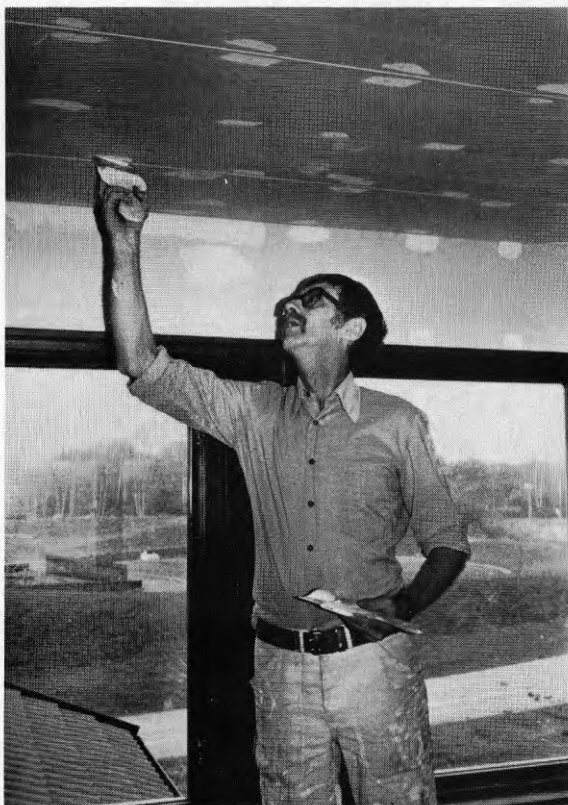
Undertaksmontören står vanligen på en hjulförsedd vagn under arbetet. Vagnen är ungefär 220 cm lång och 70 cm bred och har en skiva att stå på ca 140 cm över golvet. Vagnen har räcken runt om ca 50 cm över skivan. När montören skall flytta sig från ett arbetsställe till ett annat, gör han det vanligen genom att stående på skivan rycka vagnen framåt. Undertaksmontören borrar hål underifrån i betongbjälklaget med en slagborrmaskin. Borrmaskinen, fabrikat Hilti, väger ca 7 kg. Maskinen har två handtag, som sitter ungefär som magasinet och kolven på en kulsprutepistol. Normalt håller man maskinen med båda händerna när man borrar. De ställen hålen skall placeras på ligger på två olika höjder. På den lägre nivån kan montören stå rak på vagnen och hålla maskinen i höjd med huvudet när han borrar. På den högre måste han sträcka sig för att nå och ibland hålla maskinen med enbart höger hand för att kunna borra på svåråtkomliga ställen, vilket är påtagligt ansträngande. I varje hål sätts en speciell betongbult av fabrikat Hilti och en ståltrådspondel skruvas fast på bulten, varvid en hylsnyckel med spärrhandtag används. I pendlarna hängs sedan ett rutnät av plåtskenor i vilket plåtkassetterna, som utgör innertaket, kläms fast (se Fig. 4).

Manuell spackling av gipstak. Målaren står på en pall, ca 45 cm hög, 90 cm lång och 23 cm bred. Avståndet från hans huvud till taket är 10-15 cm. I höger hand håller han den 10 cm breda spackeln. På en större spackel i vänster hand har han spacklet, som är vattenbaserat. Hålen vid skruvarna, springorna mellan tak och väggar och skador i takskivorna spacklas. Det största arbetet ligger i att spackla skruvhålen. I vissa fall spacklas även skarvarna mellan skivorna.



Figur 4. Borrning vid undertaksmontage.

Målaren tar litet spackel på spackeln och sätter av en klick på var och en av 5 ä 10 skruvar. Sedan tar han spackeln och stryker utefter den linje som sammanbinder spackelklickarna. Han tar sedan nytt spackel och upprepar dessa moment. Under arbetet hålls armen flekterad med omkring 100° vinkel mellan över- och underarm. Överarmen hålls ungefär vågrät och underarmen lodrät. Påläggningen av spackel görs med böjning i handleden och rotation kring en lodlinje i axelleden. Utstrykningen av spacklet sker genom rotation av överarmen kring en axel i underarmens längdriktning och rotation av armen kring en lodrät axel genom axelleden (se Fig. 5).



Figur 5. Manuell spackling av gipstak.

Maskinell sandspackling av betongtak. Först skrapas betongytorna rena från utstående naggar med en stålspackel. Spacklet sprutas sedan på med en maskin, som det finns flera olika typer av. Den vi oftast träffade på ser ut som en hög skottkärra från vilken det löper två slangar och en sladd, som är najade till varandra. Längden är ca 8 m. I den ena slangen, som är ca 40 mm i diameter, leds spacklet. Den andra slangen, ca 20 mm i diameter, är för tryckluft. Sladden går till en strömbrytare med vilken man startar och stannar spackelpumpen. Sprutmunstycket är ca 0,5 m långt och ca 50 mm i diameter.

När spacklet sprutas på, hålls munstyckets mynning i en höjd som varierar från knäet till något över huvudet. Vänstra handen hålls om munstycket, 15-20 cm från mynningen, och

högra handen längst bak om munstycket eller om slangen. Man håller munstycket ungefär som ett brandslangmunstycke. Tak och väggar i ett rum sprutas i allmänhet på en gång, vilket tar 2-5 minuter. Det är tungt att hålla munstycket (vikt 5-10 kg beroende på höjd), och arbetet är företrädesvis statistiskt (se Fig. 6 a). När ett rum är sprutat, slätas det, dvs spacklet jämnas till med stålspacklar som är ca 50 cm breda. Dessa kan antingen ha kort handtag eller ett 1,7 m långt skaft. Vid slätning av väggar används en spackel utan skaft. Vid slätning av tak använder man på vissa arbetsplatser spacklar med skaft och går på golvet. På andra ställen har man spackeln i handen och står på en bock under arbetet. Det senare anses något mindre påfrestande, men går i stället långsammare.



Figur 6 a. Sprutning av sandspackel i tak.

När man står på golvet och slätar tak, håller man höger hand ca 0,5 m från spackeln och vänster hand nära änden av skaftet. Högerarmens ställning varierar från rent vertikalt uppåtsträckt med rak armbåge till armbågen böjd 90° och högerhanden ovanför och strax bakom huvudets högra sida och armbågen rakt ut till höger. Vänster hand hålls 20-30 cm rakt framför naveln och armbågen vanligen ett stycke utanför kroppssidan. Man har då spackeln bakom och ovanför huvudet och slätar ut spacklet medan man går på golvet i rummets längdriktning. Det är vanligt, att man alternerar med händerna för att inte trötta ut sig så fort (se Fig. 6 b). När man står på en bock, håller man spackeln i höger hand med armen på samma sätt som vid vanlig handspackling. Spackeln förs i stora bågformiga rörelser, vänster fot ungefär i vridningscentrum. Huvudets avstånd till taket är högst ca 10 cm. Långa målare står med huvudet böjt bakt och till höger för att inte stöta emot taket.

Alla i arbetslaget brukar hjälpas åt med slätningen i början. Innan den är helt färdig flyttar man spackelaggregatet till nästa rum, så att det kan vara färdigsprutat ungefär samtidigt som slätningen är klar i första rummet. Vanligen är det en och samma man, som alltid sprutar på spacklet.

Efter slätningen får spacklet torka ungefär ett dygn, varefter ytan slipas med sandpapper, som är fäst på en slipkloss med långt skaft, så att man kan gå på golvet och slipa.

I denna undersökning har vi främst koncentrerat oss på sprutning och slätning, på grund av att slipningen går betydligt snabbare än de andra arbetsmomenten. Alla tre momenten är ungefär lika ansträngande enligt en rapport från Bygghälsan (Larsson, 1971). Denna ger även en mer detaljerad beskrivning av sandspackling än den här rapporten.

Ett mycket arbetsamt moment vid sandspackling är att flytta spackelaggregatet (vikt 100-150 kg), i synnerhet mellan våningsplan där hiss saknas.



Figur 6 b. Slätning av sandspackel i betongtak.

Arbetsplatser

Mätningarna utfördes på 20 olika arbetsplatser i Göteborg med omgivningar.

Nedan följer en uppräknig av de arbetsplatser och de byggnadsarbetare, som ingick i undersökningen.

Vi har valt följande kod för typ av arbete:

- 1 = spikning av glespanel
- 2 = skruvning av gipsplattor i tak
- 3 = borrning vid undertaksmontage
- 4 = manuell spackling av gipstak
- 5 = maskinell sandspackling av betongtak

Askim, Hult. John Mattsson Bygg AB. Småhusbygge. Salvatore Pavia (1). Uteslöts på grund av radiostörningar.

Björkekärrshus, Göteborgs stads Bostads AB. Servicehus för äldre. Hans Norrman (5), Klas-Olof Arvidsson (5).

Bratthammar, Önnered. Göteborgs Stads Egnahems AB. Radhusområde. Sven-Ivan Lundström (1), Bert Henriksson (4), Leif Andersson (4), Olof Johansson (2), Knut Nilsson (2), Bert-Ove Lundström (1), Olle Börjesson (4), Krister Fagefors (2), Odd Carlsen (2), Tomas Leijon (2), Bengt Sandelin (2).

Centralskolan, Floda. Beijer Byggmaterial AB. Grundskola. Bernt Lundborg (montage av T-akustik-skivor, uteslöts på grund av detta).

Domus, Avenyn. Beijer Byggmaterial AB. Varuhus. Helmer Fermdahl (3), Leif Johansson (3).

Fjällbohemmet. Beijer Byggmaterial AB. Sjukhem. Gunnar Lorén (skjutning med bultpistol, uteslöts på grund av detta), Sven Blomgren (skjutning med bultpistol, uteslöts på grund av detta).

Fräntorpsgatan. Kullenbergs Bygg AB. Daghem. Benny Andreasson (1), Bertil Asplund (1).

Kvilletorget. Walter Karlssons Måleri AB. Flerfamiljshus. Per Eliasson (5), Rolf Adolfsson (5).

Kärna, Ytterby. HSB Bygg AB. Småhusområde. Martin Ivarsson (1).

Landvetter Centrum. BPA. Flerfamiljshus. Olle Nilsson (5), Jan Wiberg (5).

Landvetter flygplats. Montageteknik Pihl & Co. Utrikeshall. Hans Olov Karlsson (3).

Lexbyskolan, Partille. Emil N. Ohlsson Måleri AB. Grundskola. Lars Martinsson (5, enbart vägg, uteslöts på grund av detta), Thomas Liljedahl (5, enbart vägg, uteslöts på grund av detta).

Livered. John Mattsson Bygg AB. Radhusområde. Lennart Skarin (1), Lennart Jansson (2).

Nilssons Berg. Ernst Johanssons Måleri AB (Innerstadsbyggen). Flerfamiljshus. Torsten Sandberg (5), Astor Hansson (5).

Nilssons Berg. Walter Karlsson Måleri AB (John Mattsson Bygg AB). Flerfamiljshus. Lennart Börjesson (5), Hans Larsson (5), Christer Barkinge (5).

Paulibacken. John Mattsson Bygg AB. Radhusområde. Kent Sjöstrand (1), Thore Sjöstrand (1).

Skånhällan, Lindome. HSB Bygg AB. Radhusbygge. Rolf Mattsson (4), Åke Wennersten (2), Peter Torstensson (4), Roger Larsson (4), Rolf Degerlund (4), Ove Vågdal (4), Kjell Lindkvist (2), Tomas Börjesson (2), Ingvar Sahlin (2), Ralf Emanuelsson (1), Lars-Olof Abrahamsson (1).

Svenska Mässan. Beijer Byggmaterial AB. Mässhall. Albert Caous (3), Stefan Ström (3), Dan Tarnvik (3), Fredrik Caous (3).

Svetsaregatan. Bror Erikssons Måleri AB. Daghem. Sven-Erik Rohdin (4), Kurt Hilmersson (4), Siewert Waldemar Ejnarsson (4).

Östra sjukhuset. Montageteknik Pihl & Co. Sjukhus. Evert Levander (3), Benny Karlsson (3), Harry Levander (3), Gösta Granfeldt (3), Stefan Sjöberg (3), Christer Levander (3).

Klinisk bakgrund

Axelleden är en typisk kulled, där det nästan halvklotformiga ledhuvudet är mycket stort i förhållande till ledpannan. Ledkapseln är vid och slapp och detta innebär att kontakten mellan ledytorna upprätthålls av muskulaturen kring axelleden. Denna muskulatur bildar en muskelkapsel, som omger och förstärker bindvävskapseln. Muskelgrupperna har långa glidytor och senspeglar och de samverkar alla genom simultana effekter till en mjuk rörelserytm i olika plan. De muskler som är av störst betydelse runt axelleden är de tre rotationsmusklerna; subscapularis, supraspinatus och infraspinatus samt de mer ytligt belägna stora muskelgrupperna; deltoideus, pectoralis major, trapezius och latissimus dorsi. Rörelser framåt-uppåt med armen kallar vi flexion och rörelser utåt-uppåt för abduktion. Dessutom kan axelleden roteras kring armens längsaxel både utåt och inåt.

Under abduktion arbetar deltoideusmuskeln och rotationsmusklerna tillsammans för att lyfta armen. Den elektriska muskelaktiviteten ökar successivt från noll i båggen dessa muskler när armen lyfts och är maximal när armen höjs över axelledshöjd (Inman, Saunders & Abbott, 1944). Supraspinatusmuskeln spelar alltså en väsentlig kvantitativ men icke en specifik roll och den arbetar samtidigt med deltoideusmuskeln (Duca & Forrest, 1972). Balansen mellan dessa musklers funktion är väsentlig och hos en kraftig individ med stark deltoideusmuskel kan en besvärlig funktionsinskränkning med smärta uppstå vid begränsade skador eller belastningsrelaterade förändringar i supraspinatusmuskeln senspegel. De två övriga rotationsmusklerna, nämligen subscapularis och infraspinatus, är nödvändiga för att hålla ned ledhuvudet i den lilla ledpannan under abduktionsrörelsen.

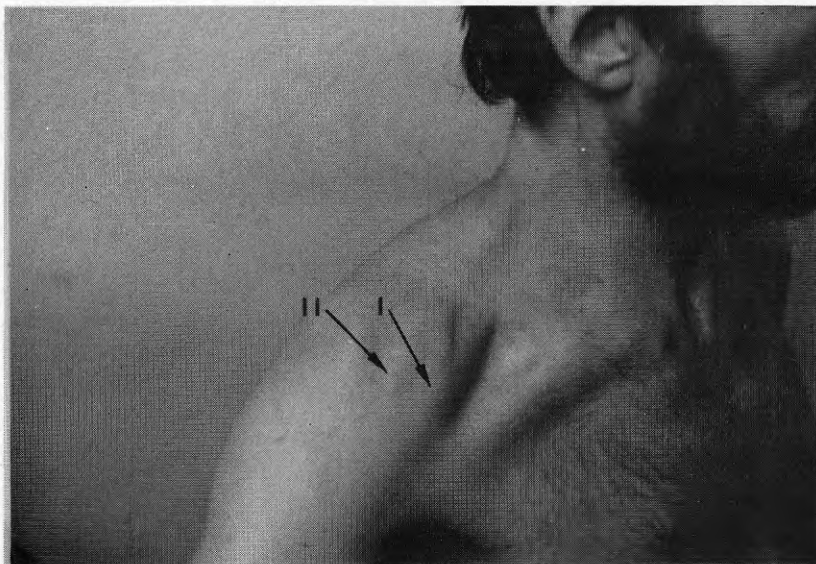
Flexionsrörelsen sker väsentligen med främre delen av deltoideusmuskeln och en viss aktivitet utövas vid denna rörelse även av överarmens bicepsmuskel (Basmajian & Latif, 1957). Trapeziusmuskulaturen slutligen är aktiv för att stabilisera skulderbladet som ett fundament för armen när den positioneras i olika lägen över axelledens horisontalplan, dvs arbetsställningar med handen ovanför huvudet.

Eftersom åldersförändringar med bristningar är vanliga i rotationsmusklernas senspeglar, har blodförsörjningen till dessa strukturer tidigare studerats ingående (Rothman & Parke, 1965; Rathbun & Macnab, 1970). Sex artärer bidrar till den arteriella blodförsörjningen av muskelsenkapseln. Dessa studier har visat att ett område långt ut i supraspinatussenan alldeles invid benfästet är klart undervaskulariserat i jämförelse med de övriga senspeglarna. Histologiska undersökningar har verifierat att detta område har en bristfällig cirkulation. Det är rimligt att anta att detta kritiska område av supraspinatussenan har en nedsatt kapacitet för läkning av små bristningar åstadkomna genom mindre våld eller långvarig monoton belastning. Kliniskt yttrar sig ett sådant tillstånd som en smärtsam inflammatorisk reaktion orsakad av nedbrytningen av cellelement i detta dåligt genomblödda område. Vi kallar denna seninflammation för supraspinatustendinit.

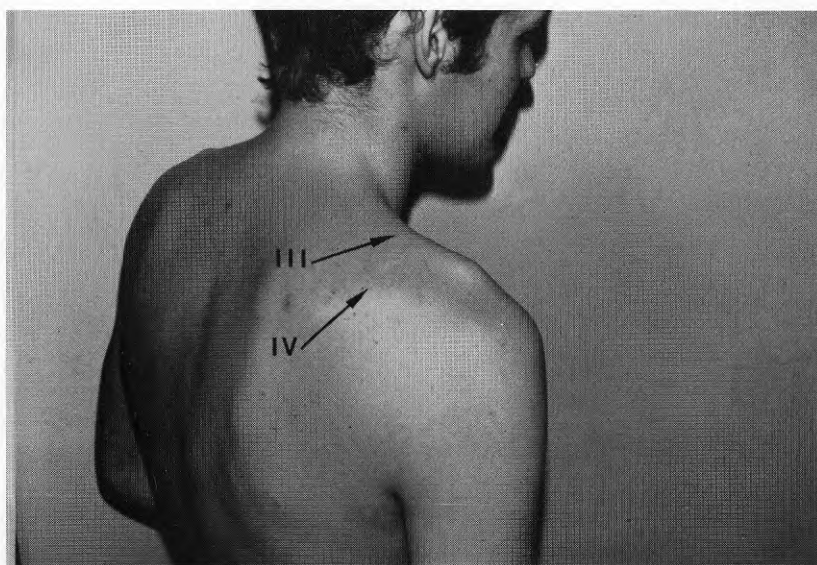
Senspeglarna till de två övriga rotationsmusklerna drabbas även av förändringar och skador med smärtor som följd. Dessa sjukliga förändringar visar emellertid en stor tendens till spontan utläkning genom vila, vilket anses bero på den goda lokala blodcirkulationen, och supraspinatussenan med sin tendens till svårbehandlade, kroniska smärttillstånd intar en särställning (Kessel & Watson, 1977).

Val av undersökta muskler

Med utgångspunkt från den funktionella anatomin och den kliniska patofysiologin samt med stöd av erfarenheterna från Arendalsundersökningen, har fyra muskler studerats. Dessa är musculus deltoideus pars anterior (främre delen) (I), musculus deltoideus pars medius (mellersta delen) (II), musculus trapezius (III) och musculus supraspinatus (IV), se Fig. 7 a och 7 b.



Figur 7 a. Musculus deltoideus pars anterior (I).
Musculus deltoideus pars medius (II).



Figur 7 b. Musculus trapezius (III).
Musculus supraspinatus (IV).

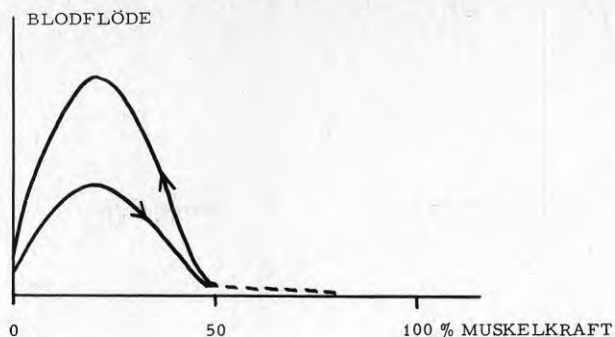
METODER

Fysiologisk bakgrund

Dynamiskt och statiskt arbete. Dynamiska arbetssituationer är vanliga. Det dynamiska arbetet innebär att musklerna arbetar med omväxlande kraftutveckling; ibland är de hårt spända, ibland nästan helt avslappade. Kraftutvecklingen sker oftast i samband med rörelse. Men alla arbetssituationer innebär inte rörelse. Om man exempelvis håller en hink vatten i handen, så utför man inga rörelser som resulterar i något utfört mekaniskt arbete. Ändå blir man trött efter en stund. Sådana arbetsmoment kallar man statiska.

I praktiken finner man oftast en kombination av dessa båda arbetstyper: en basal statisk komponent med en överlagrad dynamisk. Den totala påfrestningen på muskeln ur uttröttnings synpunkt kan då ses som den statiska belastningen plus ett medelvärde av den dynamiska. Detta medelvärde är oftast mycket lägre än det statiska värdet, varför ett statiskt arbete är mer påfrestande än ett dynamiskt. Medelvärdet av den dynamiska belastningen är dessutom starkt beroende av förhållandet mellan tiderna för arbete respektive vila. Genom att något förlänga vilopauserna kan alltså ett dynamiskt arbete lätt ändras från tröttande till icke tröttande.

Lokal muskeltrötthet. I Fig. 8 illustreras hur blodflödet genom muskeln ändras vid olika muskelfraft. När kraften ökas, stimuleras till en början blodförsörjningen för att svara mot de ökade kraven på syretillförsel och borttransport av slaggprodukter. Muskeln kommer emellertid att utöva ett ökande tryck på blodkärlen, så att blodflödet genom muskeln gradvis minskar; vid 20 till 40 procent av maximal muskelfraft (beroende på muskeltyp) är flödet praktiskt taget noll. Samtidigt övergår muskelns ämnesomsättning från en aerob process (med syretillgång) till en anaerob process (utan syretillgång), vars slutprodukt väsentligen är det sura ämnet mjölksyra, som hopas i muskeln. Försök har visat, att en bristande borttransport av mjölksyra mera bidrar till muskeltröttheten än vad syrebristen i sig gör (Mortimer,

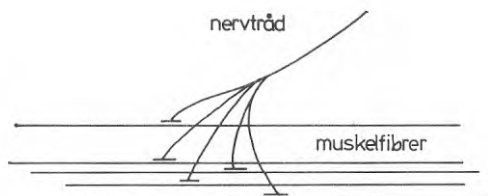


Figur 8. Blodflödet genom en muskel är som störst vid låg kontraktion. Vid kraftig muskelkontraktion avsnörs blodförsörjningen nästan helt. Figuren visar situationen för armens bicepsmuskel vid stigande och fallande kontraktionsnivå. Efter Mortimer, Kerstein, Magnusson & Petersén (1971).

Magnusson & Petersén, 1970). Den kraftnivå, vid vilken den försämrade blodförsörjningen inträder, beror på en rad faktorer, och man finner därför att den kritiska kraften varierar såväl mellan individer som från en tidpunkt till en annan för en och samma individ. En metod för utvärdering av trötthet får därför ej vara bunden till en bestämning (direkt eller indirekt) av den tämligen ointressanta muskelkraften, utan måste kunna spåra den begynnande ansamlingen av mjölksyra. Detta är speciellt viktigt när blodcirkulationen redan från början är utsatt för påfrestning genom att arbetet utförs i en svår kroppsställning, t.ex. med armarna över huvudet.

Vid försämrad blodförsörjning får man en ökad surhetsgrad, en pH-sänkning, i muskelns celler (muskelfibrerna), samt trötthet och smärta lokalt. pH-sänkningen minskar även den elektriska retbarheten hos muskelfibrernas membraner (cellväggar), vilket i sin tur ger upphov till förändringar hos den muskelelektriska signalen. Dessa förändringar avspeglar anhopningen av mjölksyra. Därför är just elektromyografiska metoder lämpade för undersökning av lokal muskeltrötthet. Ytterligare en fördel med dessa metoder är, att enskilda musklers trötthetspåverkan kan mätas vid arbete med muskelgrupper, där fördelningen av kraften mellan musklerna är okänd.

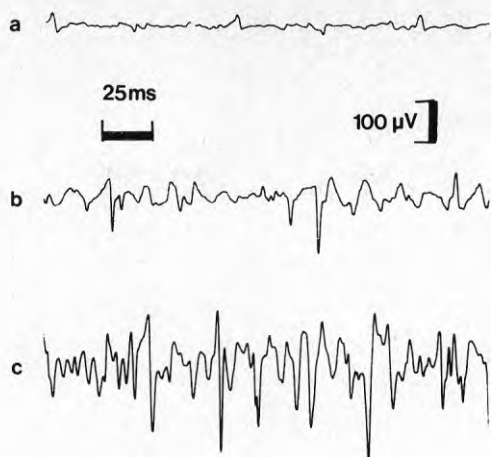
Elektromyografi - EMG. En muskel är uppbyggd av en stor mängd tunna muskelfibrer (se Fig. 9). Till varje fiber går en nervtråd, som leder impulser från hjärnan via ryggmärgen ut till muskeln. När muskeltråden nås av en impuls, vilket sker kanske några gånger per sekund, drar den ihop sig. Samtidigt uppstår en svag elektrisk signal i muskeltråden, en s.k. aktionspotential. En ökning av muskelkraften åstadkommes dels genom att impulserna kommer oftare till muskeln, dels genom att flera muskelfibrer eller snarare flera grupper av muskelfibrer aktiveras. En muskel i vila har ett nästan utslätat EMG. Vid en svag muskelsammandragning ökar pulserna i storlek och mängd, och signalen blir till slut brusliknande (se Fig. 10). Man kan alltså av EMG direkt se, om en muskel är i verksamhet eller inte. Detta har använts i många ergonomiska muskelfunktionsstudier.



Figur 9. När en muskel skall aktiveras, går signaler genom nervtrådar ut till grupper av muskelfibrer. En EMG-elektrod som placeras nära fibrerna registrerar en svag elektrisk puls varje gång fibergruppen aktiveras.

Elektromyografiska metoder har sedan länge kunnat användas för att påvisa muskeltrötthet.

Redan 1912 observerade Piper att den dominerande frekvensen - den s.k. Piper-rytmen - sjönk från typiskt 50 Hz (cykler eller antal gånger per sekund) till cirka 35 Hz. Hans resultat bekräftades senare av Cobb & Forbes (1923), som även konstaterade att den elektromyografiska signalens amplitud (styrka) ökade gradvis under tröttande kontraktioner. Den ökande signalamplituden har sedermera påvisats av ett stort antal författare (Edwards & Lippold, 1956; Scherrer & Bourguignon



Figur 10. De muskelelektriska signalerna varierar med kontraktionsgraden i muskeln. (a) mycket lätt kontraktion, (b) något kraftigare kontraktion, (c) kraftig kontraktion. Tidsskala 25 tusendels sekund, spänningsskala 100 miljondels volt.

m.fl., 1959). Signalamplituden varierar även med muskelns kontraktionsgrad (Dempster & Finerty, 1947; Inman m.fl., 1952) och det är därför i allmänhet omöjligt att separera trötthetsinverkan från inverkan av kontraktionen i sig.

Den myoelektriska signalens effektspektrum förändrar sig under trötthet. Spektralanalys öppnar därför en möjlighet att objektivt mäta muskeltrötthet, speciellt som spektrums form är i det närmaste oberoende av kontraktionsgraden (Lindström, Magnusson & Petersén, 1974). Kondo (1960) utförde trötthetsförsök varvid han, influerad av Piper, delade upp signalen i frekvenskomponenter över resp. under 50 Hz och jämförde den relativa fördelningen av energin. En spektralanalys i egentlig bemärkelse gjordes 1962 av Kaiser & Petersén samt av Kogi & Hakamada, vilka fann att den högfrekventa aktiviteten minskade och den lågfrekventa ökade under en tröttande kontraktion. Dessa fynd bekräftades i en rad följande undersökningar (Kaiser & Petersén, 1963, 1965; Sato, 1965). En omfattande beskrivning av de spektrala förändringarna under trötthet och under återhämtning efter trötthet gjordes 1968 av Kadefors, Kaiser & Petersén, vilka använde oktavbandsanalys.

I ett följande arbete (Kadefors, Magnusson, Nilsson & Petersén, 1969) visades även att otillräcklig blodgenomströmning i muskeln orsakade de spektrala förändringarna av muskelsignalen. Med en ökad spektral upplösning (1/3-oktavbandsanalys) gjordes 1970 ytterligare, teoretiskt förutsagda fynd (Lindström, Magnusson & Petersén, 1970). I spektrum fann man därvid s.k. dippar, vilkas läge i spektrum avspeglar den hastighet, varmed aktionspotentialerna utbredds längs muskelfibrerna. Under trötthet förflyttade sig dipparna mot lägre frekvenser, indikerande att utbredningshastigheten minskade. Dip-analysen ger en mycket noggrann bestämning av hastighetsförändringarna under trötthet, men är relativt tidskonsumerande, eftersom den kräver att man endast ser på någon eller några motoriska enheter i taget. Genom teoretiska arbeten (Lindström, 1970, 1974) över de myoelektriska signalernas utbredning i muskelvävnad har en alternativ metod kunnat utvecklas. Denna metod, kallad trötthetsindexmetoden, grundar sig på hastighetsberäkningar ur spektrala moment. Fördelen är att ändringarna i den myoelektriska signalens spektrum och därmed graden av lokal muskeltrötthet är direkt och påtagligt avläsbara som ändringar av den genomsnittliga utbredningshastigheten, även vid höga kontraktionsnivåer (Lindström, Kadefors & Petersén, 1975, 1976, 1977; Lindström, 1976).

Energi och arbete. I kroppen pågår ständigt olika energi-krävande processer. Även när inget yttre arbete uträttas, åtgår energi för att driva de kemiska och fysikaliska förlopp som är nödvändiga för att hålla organismen levande. När muskelarbete utförs ökar energiförbrukningen. Muskelarbetet är den väsentligaste orsaken till att energiförbrukningen ökar, men det medför också sekundärt en ökning av arbetet för exempelvis hjärta och lungor. Reaktionerna i kroppens organ och deras funktioner i samband med arbete studeras inom arbetsfysiologin, som är ett av de stora arbetsvetenskapliga forskningsfälten. Avsikten med detta avsnitt är att ge en sammanfattning av de viktigaste arbetsfysiologiska begreppen. För en utförligare framställning hänvisas till arbeten av exempelvis Bjurö & Westling (1973) och Åstrand (1977).

Den energi kroppen behöver tillgodoses genom förbränning av näringsämnen, som tillförs genom födan. I muskulaturen förbränns under arbete huvudsakligen kolhydrater och fett, varvid den kemiskt bundna energin omvandlas till nyttig, mekanisk energi och värme.

Energiproduktionen sker vanligen under tillförsel av syre, dvs aerobt, men kan också ske utan syretillförsel, dvs anaerobt, dock endast under kortare tidsperioder. Den anaeroba energiproduktionen sker under nedbrytning av en energirik kolhydrat, glykogen, som finns lagrad i muskulaturen samt i levern. Förloppet ger en anhopning av sura nedbrytningsprodukter, framför allt mjölksyra (laktat).

Under rörligt arbete omväxlar den aeroba och den anaeroba energiomsättningen i muskulaturen. Syre och förbränningsmaterial transporteras till vävnaderna och ämnesomsättningsprodukterna därifrån genom blodet. Blodgenomströmningen bestäms av energibehovet, men också av mekaniska faktorer såsom graden av muskelanspanning, och ger sig tillkänna som en ökning av puls och blodtryck vid ökad belastning. Ämnesomsättningen i kroppen sker stegvis under inverkan av enzymer och hormoner, och regleras, förenklat uttryckt, genom att kroppen försöker hålla sin inre miljö konstant.

Det finns flera metoder att bestämma kroppens totala energiproduktion. Vanligen bestämmer man syrgasförbrukningen, eftersom kroppens syredepåer är ytterst begränsade. Genom att man vet att det vid en förbränning, som kräver 1 liter syrgas, frigörs en energimängd på ungefär 21 kJ (kilojoule)¹⁾, dvs den s.k. energikoefficienten, kan man beräkna den totala energiproduktionen. Energiomsättningen i vila är ca 7,3 MJ²⁾ (1700 kcal) per dygn för en ordinär man och något lägre för

1) joule (J) är SI-systemets energienhet och motsvarar 0,239 kalorier (cal). 21 kilojoule (kJ) motsvarar 5,0 kilokalorier (kcal).

2) M (mega) = 1 miljon, k (kilo) = tusen.

en ordinär kvinna, 6,0 MJ (1400 kcal). Vid arbete stiger energiförbrukningen, och för en man med måttligt tungt arbete kan man räkna med en åtgång på ca 15 MJ (3600 kcal) per dygn och ca 11 MJ (2600 kcal) för en kvinna. Denna energimängd per dygn måste tillföras kroppen genom födan.

Praktiskt tillgår mätning av syreförbrukning så, att man samlar upp utandningsluften i en s.k. douglassäck under en viss tid. Eftersom inandningsluftens syreinhåll är konstant, kan man beräkna syrgasåtgången. Genom att vidare mäta mängden koldioxid i utandningsluften och beräkna den s.k. respiratoriska kvoten, dvs förhållandet mellan producerad mängd koldioxid och upptagen mängd syre, kan man bestämma i vilken grad fettämnen eller kolhydrater svarat för energileveransen. Vid maximalt utnyttjande av arbetsförmågan svarar förbränning av kolhydrater för hela energibehovet.

Mätning av syreförbrukningen ger ett mycket bra mått på den genomsnittliga belastning som ett visst arbete utgör på kroppen, i synnerhet lungor och hjärt-kärlsystem. Genom mätning av syreförbrukning kan också olika typer av arbete jämföras i detta avseende. En förutsättning är att många muskler deltar i arbetet, ty någon uppfattning om belastningen på enskilda kroppsdelar eller muskler vid exempelvis ensidigt arbete får man inte. I sådana fall lämnar de elektromyografiska metoderna i stället viktiga upplysningar om belastningen.

Genom att relatera den syrgasförbrukning ett visst arbete kräver till individens maximala syreupptagningsförmåga, får man reda på till vilken grad individens arbetsförmåga utnyttjas. Detta hänger samman med att den maximala arbetsförmågan är avhängig förmågan till maximal syreupptagning. För att bestämma den maximala arbetsförmågan gör man arbetsförsök på ergometercykel med en hög belastning. Försökspersonen får trampa så länge han orkar, under det att man samlar upp utandningsluften i en douglassäck. Samtidigt gör man också elektrokardiografi (EKG), dvs registrerar elektrisk aktivitet från hjärtat, främst för att få reda på maximala pulsfrekvensen.

Eftersom ett ökat energibehov på grund av arbete ställer ökade krav på transport av näringsämnen och syre till muskulaturen, ökar också pulsfrekvensen. Genom att relatera den aktuella pulsfrekvensen under arbete till den maximala kan man få en ganska god uppfattning om i vilken grad man utnyttjar individens maximala prestationsförmåga. Mätning av pulsfrekvensen ger inte lika goda upplysningar som mätning av syreförbrukning, men är i gengäld betydligt enklare att utföra. Enbart registrering av pulsfrekvensen utan referens till den maximala pulsfrekvensen ger mindre exakt information eftersom den maximala pulsfrekvensen varierar kraftigt mellan olika individer. Metoden är emellertid värdefull vid undersökningar av medelvärden för grupper av individer.

I detta arbete har pulsfrekvens registrerats under arbete på 54 försökspersoner. I några fall per arbetsmoment har även syreupptagning enligt Douglas' säckmetod utförts. Dessa försökspersoner har sedan genomgått arbetsprov på ergometercykel vid Kliniskt fysiologiska laboratoriet, Sahlgrenska sjukhuset, för kalibrering av syreupptagningsförmåga och pulsfrekvens. Detta gjordes för att få reda på den genomsnittliga arbetsbelastningen i de olika arbetena.

Datainsamling

Elektromyografi. Vid insamling av muskelelektriska signaler använder man elektroder i eller på den aktuella muskeln. Ur signalkvalitetssynpunkt är det fördelaktigt att komma så nära signalkällan som möjligt, varför elektroder placerade i muskeln ofta används. Emellertid måste man då sticka en eller två nålar i muskeln vid elektrodinläggningen. Därför använder man, när det är möjligt, elektroder som fästs på huden ovanför muskeln (hudelektroder). För tre av musklerna - deltoideus anterior, deltoideus medius och trapezius - har denna teknik använts. Den fjärde muskeln, supraspinatus, är täckt av trapezius. För att komma åt supraspinatusmuskeln måste man därför ta sig igenom trapezius exempelvis med trådelektroder. Både hud- och trådelektroder kan vara mono- eller bipolära. Vid monopolar teknik placeras den ena elektroden i eller nära

muskeln, den andra placeras på stort avstånd till närmaste muskel. Denna elektrod kommer på så sätt att fungera som en nollsignalreferens (indifferent elektrod). Vid bipolär teknik placeras båda elektroderna i eller vid den aktuella muskeln, så att en linje genom elektrodernas centra är parallell med muskelfibrernas längdriktning. Avståndet mellan elektrodernas centra är ofta ca 20 mm. Mono- och bipolära elektroder har vissa skillnader ifråga om signalfiltrerande egenskaper (Lindström, 1974). I detta sammanhang är dessa skillnader utan betydelse.

[Filtrering av elektriska signaler innebär att vissa frekvenskomponenter hos signalen dämpas mer än andra. Högpåssfiltrering innebär att snabbt varierande komponenter (hög frekvens) passerar filtret obehindrat, medan långsamt varierande komponenter (låg frekvens) hindras att passera. Den frekvens varvid denna effekt börjar verka kallas undre gränshfrekvens (f_u). Lågpåssfiltrering är motsatsen till högpåssfiltrering. Motsvarande gränshfrekvens kallas övre gränshfrekvens (f_o). Även kombinationer av dessa typer av filtrering förekommer. Man talar då om bandpass- och bandspärrfiltrering.]

Två typer av hudelektroder har använts. De fjorton första registreringarna gjordes med lösa, koppformiga silverklorid-elektroder (fabrikat Medelec), som sattes fast i par på huden med dubbelhäftande tejpringar. Under resten av undersökningen användes en typ av bipolära hudelektroder, där de bägge silverplattorna satt delvis ingjutna i mjukplast med centrumavståndet 20 mm. Dessa elektroder limmas fast på huden med ett alfa-cyanoakrylatlim, Cyanolit[®], som gör att de sitter fast bättre än de som fästs med tejpringar (Andersson, Herberts & Örtengren, 1976). Dessa elektroder tillverkar vi själva. För båda typerna av hudelektroder gäller, att man får tvätta av hudfettet innan man fäster elektroden. Detta gör man antingen med aceton eller en blandning av etylalkohol och dietyleter (4:1). När man applicerat elektroden, fyller man utrymmet mellan huden och metallplattan med en elektriskt ledande pasta. I allmänhet fäster man sedan elektrod-kabeln med tejp. Efter registreringen dras hudelektroderna av. Det ger inga obehag, eftersom de efter någon timme sitter så löst att de ibland lossnar av sig själva.

Supraspinatusregistreringarna gjordes med trådelektroder. Under de 14 första registreringarna användes en enda tråd i muskeln och en indifferent elektrod, en hudelektrod, placerad på huden utanför en halskota. Det visade sig att denna monopolära metod ofta gav besvärande störningar, varför vi gick över till att använda bipolära supraspinatus-elektroder. Efter bytet var störningar mycket sällsynta.

Trådelektroder. Till trådelektroderna använder vi polyuretan-isolerad kromnickeltråd, 50 μm i diameter. Tråden förs in i muskeln med hjälp av en 0,5 mm tjock och 50 mm lång stålkanyl (injektionssprutspets). Ändan av tråden (ca 5 mm) är böjd i en hake vid kanylspetsen. Vid inläggningen ser man först till att tråden inte sitter fast i kanylen, sedan sticks kanylen med tråden in i muskeln. När trådspetsen ligger lämpligt, dras kanylen försiktigt upp, varvid tråden stannar kvar i muskeln. Man bör sedan säkra tråden genom att tejpa fast den mot huden. Det bör dock finnas en slinga fri tråd om minst 5 cm mellan tejpens och trådens inträde i huden. Innan man sticker, desinficeras huden. Trots att det kan låta obehagligt att bli stucken med en nål och få en tråd inlagd i en muskel, är detta endast undantagsvis förenat med annat än mycket obetydliga besvär. När kanylen avlägsnats märks inte tråden. I endast ett par fall klagade man över obehag från tråden. Efter registreringen dras tråden försiktigt ut.

Under de 14 första registreringarna användes följande uppställning. Från elektroderna gick skärmade kablar till förförstärkare, placerade nära försökspersonen. Därefter gick en 15 m lång kabel till huvudförstärkaren, Medelec M6, som hade valbar förstärkning och hög- och lågpasfilter. Från förstärkaren leddes signalerna vidare till en 14-kanals FM-bandspelare (Honeywell 5600 B).

Från och med registrering nummer 15 användes en annan förstärkarutrustning och andra hudelektroder (Örtengren, 1974, 1975b). Elektrodena kopplades med korta, skärmade kablar till förförstärkare placerade i en metallåda (vikt 0,4 kg), som spänts fast med en sele på försökspersonens bröst. Signalerna leddes via en 10 m lång kabel till huvudförstärkarna (Grass 7P3 bredbandsförförstärkare med Grass 7 DAD drivförstärkare) samt vidare till bandspelaren (samma som tidigare). För övervakning av signalkvaliteten fanns ett oscilloskop till vilket signalerna kunde kopplas in parvis.

Då signaldynamiken vid arbetsplatsundersökningar ofta är mycket stor, ställde vi in förstärkningen individuellt för optimal signalkvalitet med hänsyn till risken för överstyrning. Signalerna bandpassfiltrerades från 10 Hz till 3 kHz. De fyra muskelsignalerna, EKG-signalen och en triggsignal spelades in på var sin kanal på bandspelaren. Bandhastigheten $1\frac{7}{8}$ tum per sekund användes, vilket ger bandspelaren en övre gränshastighet av 1,25 kHz. De båda systemen är likvärdiga; dock är det senare mindre känsligt för störningar.

Elektrokardiografi - EKG. Under de åtta första registreringarna togs inget EKG. Från och med registrering nummer 9 togs EKG upp med två hudelektroder, den ena fästad över processus xiphoideus på bröstbenet och den andra fästad ca 3 cm nedanför vänster bröstvårta.

Signalbehandling

Oktavbandsanalys. En metod att genomföra analys av hur de muskelelektriska signalernas effektspektrum förändras under arbete är oktavbandsanalys. Härvid delar man upp signalen i olika frekvensband med hjälp av elektroniska filter och studerar hur signalnivån i de olika filtren varierar. En förskjutning av spektrum mot lägre frekvenser ger sig till känna i att signalnivån i högfrekventa filter minskar, medan den ökar i lågfrekventa filter. För att metoden skall vara praktiskt användbar vid undersökningar av dynamiskt arbete måste man kompensera de variationer i signalnivån hos de muskelelektriska signalerna, som sker på grund av de varierande

kraven på muskelkraft. Detta görs elektroniskt i den utrustning som använts i denna undersökning (Örtengren, 1975a).

Utrustningen innehåller fyra kanaler med valbara oktavbandsfilter, vars centerfrekvenser var 16, 63, 250 och 500 Hz och en femte kanal för totalsignalen. Signalerna i de olika kanalerna presenteras i logaritmisk skala på en skrivare. Utskriften visar spektrums variationer under arbetet. Utvärderingen görs för hand och är mycket tidsödande, varför denna metod använts i begränsad omfattning, främst för att erhålla underlag för uppläggnings av den datoriserade analysen.

Trötthetsindexmetoden. Av teoretiska spekulationer över signalutbredning i muskelfävnad kan man sluta sig till att effektspektrum $W(\omega)$ av de muskelelektriska signalerna kan skrivas som (Lindström, 1970)

$$W(\omega) = v^{-\gamma} G(\omega/v). \quad (1)$$

Här är $G(\omega/v)$ en funktion som sammanfattar egenskaperna hos såväl de enskilda muskelfibrernas signaler som inflytandet av signalsummationseffekter och elektroddplacering. Vidare betecknar ω vinkelfrekvensen ($\omega = 2\pi f$, f är frekvensen) och v är utbredningshastigheten hos aktionspotentialerna längs muskelfibrerna. Exponenten γ är en konstant vars värde ligger mellan två och fyra. Ekvation (1) ger sambandet mellan formen hos signalernas effektspektrum och utbredningshastigheten. Som den står, tillåter emellertid ekvationen ej en direkt bestämning av hastigheten. För att kringgå detta problem beräknar vi de s.k. spektrala momenten M_0 och M_1 av ordningen noll och ett

$$M_0 = \int_0^{\infty} W(\omega) d\omega \quad (2a)$$

$$M_1 = \int_0^{\infty} \omega W(\omega) d\omega \quad (2b)$$

samt finner, med hjälp av ekvation (1), att kvoten

$$\frac{M_1}{M_0} = v \frac{\int_0^{\infty} (\omega/v) G(\omega/v) d(\omega/v)}{\int_0^{\infty} G(\omega/v) d(\omega/v)}. \quad (3)$$

Hastigheten är alltså

$$v = C M_1/M_0, \quad (4)$$

där C är en kvantitet, som är oberoende av hastigheten, men som innehåller slumpmässiga komponenter, vilka medför en osäkerhet i hastighetsbestämningen. Det absoluta värdet av C, bortsett från den slumpmässiga variationen, är ej heller känt. Den fortsatta analysen har utformats med vägledning av det experimentella fyndet (Lindström, Magnusson & Petersén, 1970) att utbredningshastigheten under ett tröttande isotont och isometriskt muskelarbete avtar approximativt exponentiellt med tiden t enligt formeln

$$v = v_0 e^{-t/T}, \quad (5)$$

där v_0 är begynnelsehastigheten och T är den s.k. tidskonstanten, som anger hur snabbt hastigheten minskar. Vi logaritererar därför kvoten mellan de spektrala momenten enligt ekvation (4) och finner att

$$-\ln(M_1/M_0) = \ln(C) - \ln(v_0) + t/T. \quad (6)$$

Bortsett från fluktuationerna givna av termen $\ln(C)$ kommer successiva värden på termen $-\ln(M_1/M_0)$ att falla på en rät linje med lutningen $\beta = 1/T$. Genom att göra en linjär regressionsanalys finner vi ett estimat $\hat{\beta}$ av lutningen (den s.k. regressionskoefficienten), vilket vi kallar "trötthetsindex".

$$\text{TRÖTTHETSINDEX} = \hat{\beta} \quad (7)$$

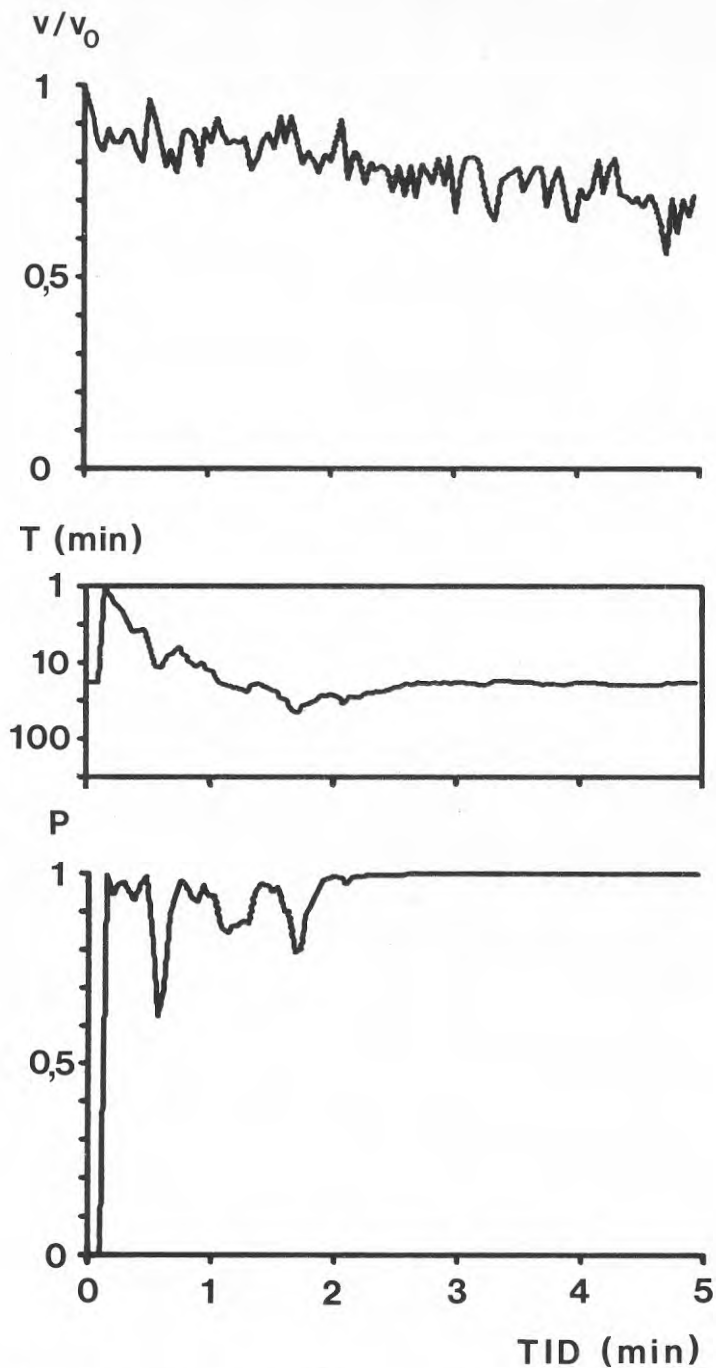
Detta index, omvänt proportionellt mot tidskonstanten, anger alltså hur snabbt en eventuell trötthet inträder under muskelarbete.

Trötthetsindex har en normalfördelning kring $\hat{\beta}$ och vi kan därför med hjälp av Students t-test beräkna sannolikheten att vi verkligen har en lutning hos regressionslinjen, dvs att trötthet föreligger. Det är alltså en utomordentlig styrka hos trötthetsindexmetoden att den förutom ett objektiva mått på muskeltröttheten även ger ett kvalitetsmått på tillförlitligheten hos den enskilda mätningen. Metoden illustreras i Fig. 11.

Trötthetsindexmetoden utvecklades ursprungligen för mätningar på statistiskt muskelarbete med konstant kraft. Eftersom de spektrala egenskaperna hos den muskelelektriska signalen är tämligen oberoende av muskelkraften som sådan (Lindström, Magnusson & Petersén, 1974) kan metoden lika väl användas vid undersökningar på periodiska och aperiodiska förlopp. Det visar sig att normaliseringsförfarandet enligt ekvation (4) där M_1 divideras med M_0 nästan fullständigt eliminerar inflytandet av den kraftberoende muskelelektriska signalstyrkan (Lindström, Kadefors & Petersén, 1977).

Trötthetsincidentanalys. Med trötthetsindexmetoden karakteriseras muskeltröttheten uttryckt i index, tidskonstant och sannolikhet för trötthet. Även den relativa hastighets-sänkningen under mättiden beaktas, då den är ett mått på trötthet som ej kunnat återhämtas. Sådan kvarvarande trötthet är av föga intresse under kortare tider, men får en betydligt högre dignitet, då det är fråga om långtidsregistreringar. De nämnda parametrarna har beräknats såväl vid långtidsregistreringar som vid medellånga signalavsnitt under arbetspass mellan kortare raster eller annan "vila" av typen verktygs-hämtning etc. För bestämmandet av kortvarig trötthetsförekomst med omedelbar återhämtning, så kallad trötthetsincident, har vi valt att göra en spektralanalys av de momentana värdena på utbredningshastigheten under arbetspass av några minuters längd.

Efter borttagandet av trenden hos hastighetsdata, multipliceras dessa med ett paraboliskt tidsfönster och Fouriertransformeras. I den mån följderna av data är diskontinuerliga, har



Figur 11. Illustration till trötthetsindexmetoden. Övre kurvan visar normaliserad utbredningshastighet hos muskelsignalerna under kraftigt isometriskt arbete. Kurvan i mitten är det momentana trötthetsindexvärdet uttryckt i tidskonstant. Undre kurvan visar sannolikhet för trötthet.

saknade datapunkter interpolerats fram.

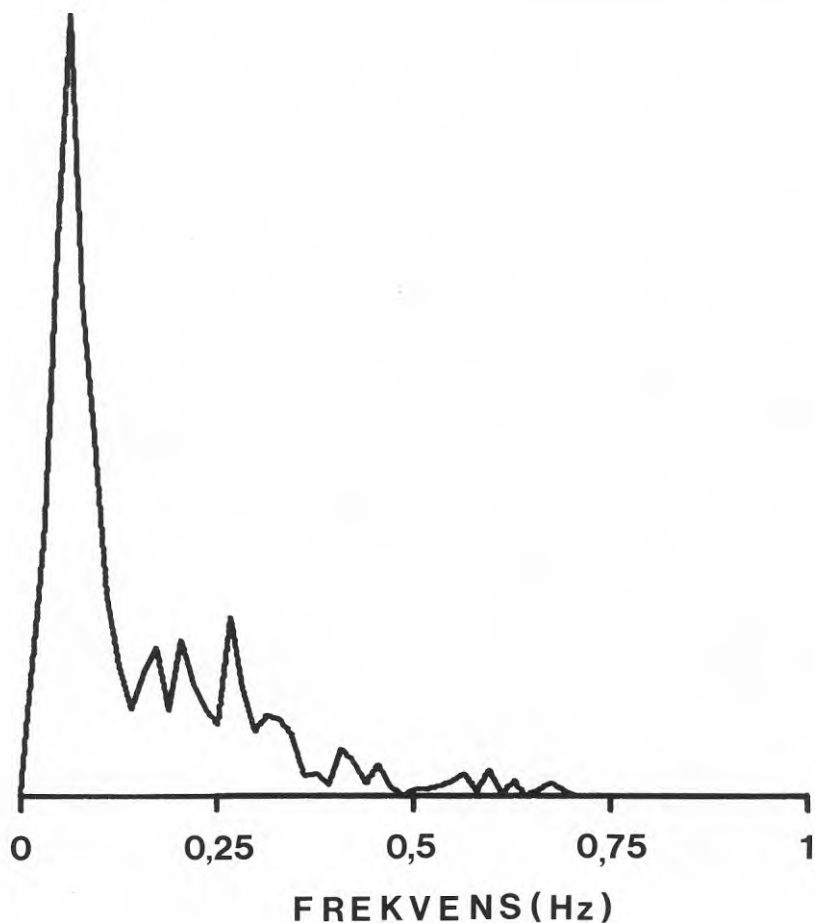
Som illustreras i Fig. 12, karakteriseras effektspektrum genom utbredningshastigheten av en toppig kurva som vi har valt att beskriva med

- a) ytan under kurvan (efter borttagande av den slumpmässiga komponenten). Denna yta är ett mått på hur kraftiga trötthetsincidenterna är.
- b) den frekvens där spektralkurvan har sitt maximum. Denna frekvens anger hur ofta trötthetsincidenterna inträffar.
- c) det förväntade värdet av trötthetsincidentfrekvenser.

Pulsfrekvensanalys. För att bestämma pulsfrekvens ur en EKG-registrering kan man gå tillväga på flera sätt. För en datoriserad analysrutin har man två möjligheter. Den ena är att helt enkelt låta datorn känna igen hjärtslagen och beräkna pulsfrekvensen med hjälp av tiden mellan hjärtslagen. Denna metod förutsätter emellertid att man kan känna igen olika förekommande signalmönster för hjärtslagen och dessutom urskilja dem vid störningar av olika slag. Då detta ofta är förenat med betydande svårigheter, valde vi att dela upp registreringen i bitar av lämplig tidslängd och sedan göra en spektralanalys på varje bit. Genom att utnyttja EKG:ets spektrala toppar erhöles ett medelvärde för pulsfrekvensen under det aktuella tidsavsnittet. För att minska inflytandet av störningar på pulsfrekvensbestämningen gjordes en optimerad statistisk jämförelse med tidigare funna värden på pulsfrekvensen. Resultaten av pulsfrekvensberäkningarna redovisades i diagram som ritades av datorn samt lagrades i datorns minne för senare användning.

Praktiskt analysförfarande

Preliminär datareduktion. Vid den preliminära selektionen av inspelade muskelelektriska signaler anslöts bandspelaren till en dator (PDP 15), och signalerna spelades upp igen med en hastighet lika med fyra gånger inspelningshastigheten. Vid



Figur 12. Frekvensspektrum av variationerna hos aktionspotentialernas utbredningshastighet. Hastighetsvärdena är framräknade ur de spektrala momenten hos EMG-signalen. Figuren visar resultatet för muskeln deltoideus anterior hos en snickare sysselsatt med spikning. Kurvan är en medelvärdeskurva över 6 avsnitt om tillsammans 6 min 20 s.

inspelningen särskilt markerade avsnitt samplades med 8 kHz samplingsfrekvens och lagrades temporärt i datorns skivminne. Efter avslutad avspelning av varje kanal (= elektrodposition vid mätningen) lästes signalerna upp från minnet och analyserades i avsnitt om en halv sekund enligt följande schema:

- 1) Signalens trend borttogs. Detta skedde genom att regressionslinjen för signal mot tid beräknades och subtraherades från den ursprungliga signalen.
- 2) Signalen multiplicerades med ett tidsfönster för att undertrycka "sidoloberna" vid Fouriertransformationen. Ett paraboliskt fönster, vanligen kallat " $1-t^2$ ", valdes.
- 3) Signalens spektrum beräknades med hjälp av en s.k. snabb Fouriertransform (FFT).
- 4) De spektrala momenten av ordningarna noll och ett samt den normaliserade ledningshastigheten beräknades och lagrades för fortsatt analys.

Automatisk kontroll av signalkvalitet. Under den tidigare delen av analysen (avsnitten 1 och 3) utfördes även en kontroll av signalkvaliteten. Denna kontroll har visat sig vara av stor betydelse för att analysen skall kunna göras helt automatisk.

Vid borttagandet av regressionslinjen beräknades även

- a) standardavvikelsen utefter regressionslinjen (effektivvärdet), vilken för godkännande av signalsekvensen måste ha ett minsta värde. Före Fouriertransformationen beräknades även
- b) signalens nollgenomgångstäthet (tätheten av punkter längs tidsaxeln där signalen ändrar polaritet). Denna beräkning kan ske mycket snabbt och har visat sig kunna fånga in en stor del av de störningar som kan inverka på signalkvaliteten. Långa avstånd mellan nollgenomgångarna är en indikation på s.k. fluktuerande baslinje och förekommer vid elektrostörningar av allehanda slag. En låg signalnivå ger även upphov till osedvanligt långa intervall mellan nollgenomgångarna. En viss dubbelkontroll med avseende på signalstyrkan finns alltså. Korta nollgenomgångsavstånd får man vid högfrekventa störningar från elektriska verktyg, högfrekvensugnar etc. För muskelelektriska signaler avledda med hud elektroder har vi funnit att det maximala nollgenomgångsavståndet per sekvens

bör ligga mellan 5 och 25 millisekunder och för signaler avledda med trådelektroder är motsvarande värden 5 respektive 20 millisekunder.

Efter Fouriertransformeringen och beräkningen av effektspektrum bestämdes även c) brumkomponentens storlek. Vidare eliminerades denna jämte övertoner upp till 500 Hz (vid behov 1 kHz). Genom detta förfarande kunde vi "rädda" inspelningar av signaler som var kraftigt störda av brum. Det visade sig vara möjligt att restaurera signaler som var så kraftigt störda av brum, att de endast med svårighet kunde uppfattas med blotta ögat i brumsignalen. Efter praktiska försök valdes den maximalt tillåtna brumkomponenten till 15 dB över den muskelelektriska signalens spektralmaximum.

Efter elimineringen av brummet bestämdes d) den frekvens, där signalens spektrum hade sitt maximum. För låga värden på denna frekvens tyder i allmänhet på elektrodstörningar, medan för höga värden ofta beror på yttre elektriska störningar. För hudelektrodavledda signaler uppsattes kravet att frekvensen skulle ligga mellan 15 och 200 Hz och för trådelektrodavledda signaler mellan 20 och 250 Hz. Vidare bestämdes e) den mest sannolika frekvensen (det normaliserade första spektrala momentet), som skall stå i en viss relation till frekvensen för spektralmaximum. Vi valde, för godkännande av signalsekvensen, denna parameter till 15 till 200 Hz för hudelektrodavledda signaler och 50 till 280 Hz för trådelektrodavledda signaler. En efterkontroll av f) signalens effekt (efter borttagande av brumkomponenten) gjordes även. Denna skall ha ungefär samma värde som effektivvärdet (punkt a ovan). Det absoluta värdet beror på ett antal faktorer såsom förstärkning, upplösning i analog-digital-omvandlare etc. I vårt speciella fall valdes det till 50 millivolt.

Vid beräkningen av de spektrala momenten föreligger krav på att signalens spektrum avtar tillräckligt snabbt på högfrekvenssidan. Detta kontrolleras genom beräkning av g) det normaliserade spektrala momentet av andra ordningen. Kvadratroten ur detta mått tilläts variera mellan 55 och 175 Hz för hudelektrodavledda signaler och mellan 100 och 315 Hz för

signaler avledda med trådelektroder. Ytterligare en kontroll av högfrequenssidans minskning gjordes genom beräkandet av h) skillnaden i effekttäthet mellan spektralmaximum och den vid 0,75 till 1 kHz. Denna differens måste vara minst 25 dB för hudelektrodavledda signaler och 18 dB för trådelektrodavledda signaler.

Tidigare undersökningar har visat att man med de valda kriterierna får en överensstämmelse med visuell bedömning på drygt 85 procent, ett falskt godkännande på ca 9,5 procent och ett falskt underkännande på mellan 16 och 27 procent, beroende på elektrodtyp vid avledningen (Lindström & Örtengren, 1977).

Trötthetsindexanalys. Den fortsatta signalanalysen bestod av 5) beräkning av trötthetsindex, tidskonstant och sannolikhet för trötthet under såväl längre som kortare tid samt 6) bestämmandet av trötthetsincidenter med hjälp av spektralanalys (FFT samt bildandet av spektrala moment). Här beräknades dels trötthetsvariationernas styrka, dels förekomstfrekvens.

Pulsfrekvensanalys. Avspelningen av EKG-signalen från banden gjordes med bandhastigheten 60 tum per sekund, dvs bandet spelades upp med 32 gånger hastigheten vid inspelning. Signalen lågpasfilterades med $f_0 = 300$ Hz, vilket i verklig tid motsvarar en lågpasfiltrering av EKG-signalen med $f_0 = 10$ Hz. Eftersom EKG:ets grundton maximalt är ca 3 Hz, är inte övre gränsfrekvensen för låg. Från filtret kopplades signalen till en analog-digital-omvandlare, som samplade signalen med 2048 Hz, och data lagrades i datorns minne. Efter digitaliseringen genomfördes analysen med den ovan beskrivna metoden. Fouriertransformeringen baserades på 1024 sampel vilket motsvarar 16 sekunder EKG-signal i reell tid. I allmänhet håller sig pulsfrekvensen kring 100 slag per minut under arbete. Varje värde på pulsfrekvensen som vi får är alltså medelvärdet över 25 å 30 hjärtslag. Detta är lagom för att man skall få en grafiskt överskådlig utskrift och ändå kunna följa fluktuationer i pulsfrekvensen.

Statistisk bearbetning

Metoderna för bearbetning och analys av de registrerade signalerna ger ett antal mått, som karakteriserar belastningen på enskilda muskler - trötthetsindex och ändring i ledningshastighet - och den genomsnittliga belastningen på kroppen - pulsfrekvens och syreförbrukning. För de olika måtten beräknades medelvärden över försökspersoner för de olika arbetsmomenten och delundersökningarna. Skillnader i belastning mellan arbetsmoment för enskilda muskler respektive mellan muskler vid enskilda arbetsmoment undersöktes statistiskt med hjälp av variansanalys med enkelsidig indelning. Skillnadernas tillförlitlighet testades på signifikansnivån 5 procent. Undersökningen av skillnader mellan arbetsplatser baseras på antagandet, att inga skillnader mellan försöksgrupperna förelåg, men det är klart att sådana skillnader påverkar utfallet av analysen om de förekommer.

Intervjuundersökning

I föreliggande rapport ingår ett kapitel som redogör för en intervjuundersökning, vilken utförts på 59 av de 62 byggnadsarbetarna. Målet för denna undersökning har varit att få en uppfattning om dessa byggnadsarbetares upplevelse av olika typer av belastningar och påfrestningar, som kan förekomma på deras arbetsplats. Belastningarna innefattar mekaniska, kemiska, tekniska och fysikaliska faktorer, medan påfrestningarna avser faktorer av social natur.

En närmare presentation av mål och metoder finns i kapitlet "Byggnadsarbetarnas upplevelse av belastningar och påfrestningar i arbetsmiljön".

RESULTAT AV BELASTNINGSMÄTNINGARNA

Vid analysen av de muskelelektriska signalerna beräknades ett antal mått (variabler), som på olika sätt anger belastningen på musklerna och är relaterade till den lokalt utvecklade tröttheten, i vissa fall också till trötthetsutvecklingens dynamik. De olika måtten är även relaterade till varandra, eftersom de baseras på samma grunddata, men har något olika egenskaper. Vi har valt att redovisa resultaten med en tabell för varje variabel för att underlätta jämförelser mellan arbetstyper och muskler.

I tabellerna anges medelvärden och inom parentes medelvärdenas standarddeviation för varje arbetsmoment och muskel för sig. Värdena är beräknade för grupper av försökspersoner. Antalet försökspersoner i grupperna varierar något på grund av bortfall av enstaka registreringar. För att inte tynga tabellerna med data anges endast resultaten av de statistiska undersökningarna med en asterisk om medelvärdena skiljer sig från varandra på signifikansnivån 5 procent.

Trötthetsindexanalys

De erhållna värdena på trötthetsindex för entimmesregistreringarna framgår av Tabell 2. Antalet försökspersoner per grupp varierar något och ligger mellan 10 och 13. Positiva värden visar kvarstående belastningseffekter under mättiden, medan negativa värden anger återhämtning.

Högsta värdet på belastningen när det gäller trötthetsindex (Tabell 2) visar supraspinatusmuskeln för borrhning vid under-taksmontage. Vid handspackling är trapezius och deltoideus anterior mest belastade och vid maskinspackling är det supraspinatus och trapezius. Spikning ger hög belastning i supraspinatus. Vid skruvning är belastningarna genomgående låga. Med ledning av belastningen på de studerade musklerna rangordnas arbetsmomenten. Handspackling ger högst belastning, och sedan följer en grupp med maskinspackling, borrhning och spikning. Lägst belastning ger skruvning. Av musklerna belastas supraspinatus högst, och därefter följer trapezius. Detta gäller i samtliga fall utom handspackling, där förhållandet är omvänt.

Av Tabell 2 framgår också att negativa indexvärden erhålles i flera grupper. En enkel statistisk analys med hjälp av t-test (signifikansnivå 5 procent) visar att dessa förklaras av den slumpmässiga variationen. Inget av de negativa värdena är signifikant skilt från noll, medan flera av de positiva värdena är det.

Tabell 2. Medelvärden ($\times 1000$) av trötthetsindex β (min^{-1}) för entimmesregistreringar. Standardavvikelser för medelvärden anges inom parentes. Signifikant skillnad mellan medelvärdena på nivån 5 procent ($p < 0,05$) markeras med asterisk.

	Spikning	Skruvning	Borrning	Hand- spackling	Maskin- spackling	$p < 0,05$
Deltoideus anterior	-0,03 (0,25)	-0,96 (0,52)	-1,01 (1,69)	1,02 (0,43)	-0,27 (1,06)	
Deltoideus medius	1,07 (1,03)	-0,21 (0,89)	-1,12 (1,02)	0,09 (0,28)	0,43 (1,36)	
Trapezius	-0,42 (0,56)	-0,19 (0,40)	1,76 (0,94)	1,74 (1,03)	0,99 (0,77)	
Supra- spinatus	1,75 (1,05)	-0,32 (0,36)	3,09 (1,01)	0,65 (0,27)	1,43 (0,33)	*
$p < 0,05$			*			

För heldagsmätningar beräknades belastningsvariablerna trötthetsindex (Tabell 3) och relativ nedgång i ledningshastighet (Tabell 4) över arbetsdagar. Den senare variabeln utvisar den kvarstående effekten av arbetsbelastningen efter arbetets slut, dvs den trötthet som skall återhämtas. Båda variablerna visar samma belastningsmönster över muskler och arbetsmoment, och överensstämmelsen med de trötthetsindexvärden som erhållits för entimmesregistreringarna är mycket god. Vi har nu betraktat gruppernas medelvärden av trötthetsindex respektive hastighets-sänkning. Den relativa nedgången i ledningshastighet för enskilda heldagsregistreringar visar att av 44 undersökta muskler har 22 signifikant minskning av ledningshastigheten, dvs ackumulerad trötthet, vid arbetsdagens slut.

Tabell 3. Medelvärden ($\times 1000$) av trötthetsindex β (min^{-1}) för heldagsregistreringar. Standardavvikelser för medelvärdena anges inom parentes.

	Spikning	Skruvning	Borrning	Hand-späckling	Maskin-späckling	$p < 0,05$
Deltoideus anterior	-0,24 (0,17)	-0,57 (0,05)	-0,02 (0,60)	0,29 (0,31)	0,11 (0,45)	
Deltoideus medius	-0,02 (0,04)	-0,23 (0,23)	-0,31 (0,32)	-0,09 (0,01)	-0,06 (0,04)	
Trapezius	0,09 (0,02)	0,09 (0,24)	0,16 (0,23)	0,20 (0,01)	0,37 (0,05)	
Supra-spinatus	-0,05 (0,17)	0,25 (0,11)	0,25 (0,23)	0,18 (0,03)	0,74 (0,70)	
$p < 0,05$						

Tabell 4. Medelvärden av relativ hastighetssänkning (procent) för heldagsregistreringar. Medelvärdenas standardavvikelser anges inom parentes.

	Spikning	Skruvning	Borrning	Hand-späckling	Maskin-späckling	$p < 0,05$
Deltoideus anterior	-5,93 (4,71)	-14,02 (1,44)	3,55 (10,25)	9,56 (10,47)	0,52 (9,20)	
Deltoideus medius	-0,56 (1,15)	-6,67 (6,68)	-4,00 (4,70)	-3,23 (0,15)	-1,36 (1,03)	
Trapezius	3,05 (0,79)	0,29 (4,55)	2,54 (4,09)	6,94 (0,28)	7,71 (2,13)	
Supra-spinatus	-0,90 (6,16)	6,12 (3,56)	5,26 (4,48)	6,39 (1,19)	12,06 (11,06)	
$p < 0,05$						

Trötthetsincidentanalys

Föregående avsnitt behandlade trötthetsanalys avseende tämligen långa tidsavsnitt. Man finner emellertid vid arbeten, där enskilda moment upprepas, att snabbare förändringar av muskelaktionspotentialernas utbredningshastighet förekommer. Dessa förändringar utspelas inom loppet av något tiotal sekunder till någon minut och kan tolkas som kortare trötthetsincidenter följda av en mer eller mindre fullständig återhämtning hos muskeln. I detta avsnitt redovisas trötthetsincidentbestämningen gjord med spektralanalys av hastighetsvärdena efter borträknandet av en eventuell trend (orsakad av kvarstående trötthet).

I Fig. 12 visas ett spektrum av typiskt utseende. Vi har valt följande parametrar för att karakterisera kurvan.

- (1) Y_{tan} under kurvan representerar variansen (= standardavvikelsen i kvadrat) hos hastighetsavvikelserna från medelhastigheten, som normaliserats till värdet ett. Ett stort värde på standardavvikelsen anger att muskeln växelvis tröttnas kraftigt och återhämtas under arbetet. Standardavvikelsen är alltså ett mått på graden av dynamiska inslag i arbetet för den aktuella muskeln.

I Tabell 5 ser vi att muskeln deltoideus medius vid skruvningsarbete uppvisar det största värdet på standardavvikelsen och därefter samma muskel under borrhåningsarbete vid undertaksmontering. Allmänt gäller att deltoideus - både den anteriora och den mediala delen - har de högsta värdena oberoende av arbetstyp, medan trapezius och supraspinatus får lägre värden. De olika arbetstyperna visar sinsemellan endast små differenser hos standardavvikelsen.

En stor andel dynamiska komponenter i arbetet borde innebära att kvarstående trötthetseffekter blir mindre än vid arbeten av huvudsakligen statisk karaktär. En jämförelse av standardavvikelsen hos hastighetsvariationerna med trötthetsindex β antyder ett svagt samband karakteriserat av låga värden på trötthetsindex, då standardavvikelsen är stor och vice versa.

Tabell 5. Medelvärden ($\times 100$) av kvadratroten ur ytan under spektrum (= standardavvikelsen av den normaliserade ledningshastighetens variationer) för trötthetsincidenter. Medelvärdenas standardavvikelser anges inom parentes.

	Spikning	Skruvning	Borrning	Hand-späckling	Maskin-späckling	p < 0,05
Deltoideus anterior	0,83 (0,11)	0,77 (0,18)	0,91 (0,18)	0,79 (0,09)	0,80 (0,17)	
Deltoideus medius	0,65 (0,36)	1,11 (0,37)	0,99 (--)	0,70 (0,09)	0,85 (0,15)	
Trapezius	0,55 (0,08)	0,78 (0,20)	0,65 (0,10)	0,65 (0,09)	0,70 (0,07)	
Supra-spinatus	0,49 (0,13)	0,64 (0,08)	0,78 (0,23)	0,64 (0,05)	0,54 (0,05)	

p < 0,05

(2) Spektrum av hastighetsvariationerna har i samtliga fall en uttalad topp, vars egenskaper vi beskriver med höjden hos spektraltoppen. Denna är ett mått med viss parallellitet med den ovan diskuterade standardavvikelsen. Spektraltoppens höjd anger speciellt storleken i hastighetsvariationerna vid den mest framträdande rytmen, medan standardavvikelsen avser alla variationer.

Ur Tabell 6 framgår att spektraltoppens höjd i stort sett följer hastighetens standardavvikelse, varför kommentarerna under punkt (1) gäller även här.

Tabell 6. Medelvärden ($\times 10$) av spektraltoppens höjd (amplitud, $\text{Hz}^{-1/2}$) i hastighetsvariationernas spektrum. Medelvärdenas ($\times 10$) standardavvikelser anges inom parentes.

	Spikning	Skruvning	Borrning	Hand-späckling	Maskin-späckling	p < 0,05
Deltoideus anterior	0,24 (0,03)	0,21 (0,05)	0,23 (0,01)	0,21 (0,02)	0,24 (0,06)	
Deltoideus medius	0,21 (0,15)	0,40 (0,20)	0,38 (--)	0,17 (0,03)	0,28 (0,06)	
Trapezius	0,18 (0,03)	0,22 (0,07)	0,22 (0,04)	0,19 (0,03)	0,20 (0,02)	
Supra-spinatus	0,15 (0,04)	0,18 (0,04)	0,27 (0,10)	0,17 (0,02)	0,16 (0,02)	

p < 0,05

- (3) Den spektrala toppen karakteriseras även av sin frekvens vid spektralmaximum. Denna frekvens anger hur ofta respektive muskel går in i och ut ur ett trötthetstillstånd (med åtföljande möjlighet till återhämtning).

Vi finner i tabell 7 att musklerna deltoideus anterior, deltoideus medius och trapezius vid skruvning uppvisar den högsta frekvensen (ca 0,1 Hz). Skruvningsarbetet är helt unikt, vad beträffar snabbheten hos trötthetsvariationerna. Övriga arbeten i undersökningen har värden kring hälften av det som gäller för skruvning. För gruppen spikning (samtliga muskler) föreligger ett statistiskt signifikant samband mellan trötthetsindex β och frekvensen hos spektralmaximum: låga värden på frekvensen är associerade med höga värden på trötthetsindex och tvärtom. Samma sak gäller för deltoideus medius, oberoende av arbetstyp. De arbeten/muskler, som ger trötthet, har en rytmicitet med värden lägre än 0,08 Hz, dvs en periodtid större än 13 s. Speciellt supraspinatus och ibland även trapezius synes ha långsamma trötthetsvariationer. Det kan nämnas att den mest uttröttade muskeln (supraspinatus) vid borrhning har den i särklass lägsta frekvensen.

Tabell 7. Medelvärden av frekvens (Hz) vid spektralmaximum för trötthetsincidenter. Medelvärdenas standardavvikelser inom parentes.

	Spikning	Skruvning	Borrhning	Handspackling	Maskin-spackling	p < 0,05
Deltoideus anterior	0,047 (0,004)	0,051 (0,018)	0,061 (0,026)	0,049 (0,016)	0,062 (0,021)	
Deltoideus medius	0,080 (0,048)	0,117 (0,091)	0,033 (---)	0,052 (0,017)	0,061 (0,010)	
Trapezius	0,034 (0,002)	0,118 (0,062)	0,036 (0,004)	0,034 (0,002)	0,042 (0,008)	
Supraspinatus	0,034 (0,007)	0,057 (0,026)	0,024 (0,001)	0,042 (0,008)	0,040 (0,006)	

p < 0,05

Observeras bör att frekvensen hos spektralmaximum saknar relevans om hastighetens standardavvikelse och höjden hos spektraltoppen är små. En viss försiktighet vid tolkningen av data avseende frekvensen hos spektralmaximum är därför på sin plats, då det gäller supraspinatus och trapezius.

- (4) Hastighetsvariationens spektrum har även beskrivits med dess tyngdpunkt, dvs den mest sannolika frekvensen hos trötthetsvariationen. Detta mått kommer att vara beroende dels av frekvensen hos spektralmaximum, dels av bredden hos den spektrala toppen, dvs avvikelsen hos trötthetsförändringarna från en rent sinusformad variation. Data avseende den mest sannolika frekvensen återfinns i Tabell 8.

Tabell 8. Medelvärden av tyngdpunkt (Hz) för hastighetsvariationernas spektrum. Medelvärdenas standardavvikelser anges inom parentes.

	Spikning	Skruvning	Borrning	Handspackling	Maskin- spackling	p < 0,05
Deltoideus anterior	0,139 (0,006)	0,180 (0,025)	0,154 (0,021)	0,161 (0,008)	0,154 (0,022)	
Deltoideus medius	0,110 (0,026)	0,117 (0,055)	0,087 (---)	0,170 (0,014)	0,140 (0,018)	
Trapezius	0,124 (0,014)	0,196 (0,024)	0,102 (0,009)	0,142 (0,010)	0,141 (0,008)	*
Supraspinatus	0,130 (0,016)	0,146 (0,014)	0,089 (0,011)	0,176 (0,013)	0,149 (0,010)	*

p < 0,05

Analys av pulsfrekvens och utandningsluft

Pulsfrekvensen utgör ett mått på den genomsnittliga arbetsbelastningen för de olika arbetsmomenten när medelvärden beräknas över försökspersoner. Medelvärdena över entimmesregistreringarna (Tabell 9) varierar något mellan de olika arbetsmomenten och ligger omkring 100 slag per minut, vilket svarar mot en måttlig genomsnittlig belastning. Högsta värdet

Tabell 9. Medelvärden av pulsfrekvens (min^{-1}) för entimmesregistreringar. Medelvärdenas standardavvikelser anges inom parentes.

Spikning	Skruvning	Borrning	Hand- spackling	Maskin- spackling	$p < 0,05$
105,8 (5,1)	91,1 (4,0)	104,5 (3,9)	99,8 (3,4)	104,3 (5,5)	

gäller spikning och det lägsta skruvning. Skillnaderna är inte statistiskt signifikanta. Den höga skulderbelastningen som trötthetsindex visar för handspackling ger inte något högt värde på pulsfrekvensen, vilket innebär att mätningarna av pulsfrekvens för att indikera hög lokal arbetsbelastning på kroppen torde ha begränsat värde.

Medelvärdena för pulsfrekvens under heldagsregistreringarna framgår av Tabell 10. Värdena visar ungefär samma relationer mellan arbetsmoment som entimmesvärdena. Medelvärdena ligger dock ca 10 slag/minut över entimmesregistreringarna.

Tabell 10. Medelvärden av pulsfrekvens (min^{-1}) för heldagsregistreringarna. Medelvärdenas standardavvikelser anges inom parentes.

Spikning	Skruvning	Borrning	Hand- spackling	Maskin- spackling	$p < 0,05$
113,0 (9,1)	115,0 (7,0)	112,0 (4,6)	99,5 (0,5)	114,0 (-)	

Den på analys av utandningsluften baserade bestämningen av arbetsbelastningen redovisas i Tabell 11. Antalet försökspersoner per arbetsmoment varierar mellan 2 och 3. Belastningarna är genomgående låga, men visar stora skillnader i medelvärden mellan arbetsmomenten. Skillnaderna är statistiskt

Tabell 11. Medelvärden för arbetsbelastning (W) baserade på syreförbrukningsvärden erhållna genom analys av utandningsgaser enligt douglasmotoden. Medelvärdenas standardavvikelse anges inom parentes.

Spikning	Skruvning	Borrning	Handspackling	Maskinspackling	p < 0,05
64,2 (4,5)	34,6 (4,8)	34,0 (6,7)	26,5 (6,2)	52,0 (4,4)	*

signifikanta. Högst belastning uppvisar spikning följt av sandspackling. Handspackling har lägst belastning. Rangordningen mellan arbetsmomenten avviker från den som pulsfrekvensvärdena visar. Båda metoderna visar dock att spikning innebär den största genomsnittliga arbetsbelastningen. En förklaring till skillnaderna kan vara olikheter mellan metoderna samt att grupperna av försökspersoner inte är lika.

Resultatsammanfattning

Vid undersökningen av skuldermusklerna visade det sig att de fyra musklerna inte belastas lika. Vi har påvisat att två muskler ovanför axelleden genomgående belastas hårdare än de övriga. När det gäller de olika arbetstyperna framkom att skuldermusklerna belastas särskilt hårt vid borrning och maskinspackling.

Resultaten är av utomordentlig betydelse för diskussion och förslag till åtgärder, som syftar till att motverka skadlig belastning av skuldran. Av stort intresse är också påvisandet av att en stor lokal muskelbelastning kan förekomma utan samtidig generell påverkan på blodcirkulationen - mätt med pulsfrekvens och syreförbrukning. Detta visar nödvändigheten av att använda neurofysiologiska metoder vid undersökning av arbetsbelastningar.

BYGGNADSRARBETARNAS UPPLEVELSE AV BELASTNINGAR OCH PÅFRESTNINGAR I ARBETSMILJÖN

I. Inledning

Som ett led i undersökningen avseende fysisk arbetsbelastning på skulderpartiet hos de fem grupperna av byggnadsarbetare har varje individ intervjuats. En avsikt härmed har varit att utröna individernas subjektiva upplevelse av den fysiska belastningen och att jämföra denna med resultaten av de objektiva mätningarna av de muskelelektriska signalerna.

En annan avsikt med undersökningen har varit att grovt kartlägga arbetsmiljön för arbetarna ifråga. Förutom frågor avseende fysisk belastning har därför även frågor ställts angående andra typer av miljöstörningar som förekommer på en byggarbetsplats, t.ex. buller, damm samt olika typer av risker i arbetet. Slutligen har frågor av social karaktär ställts för att ge en uppfattning om de sociala påfrestningarna i arbetet.

Resultaten av undersökningen redovisas i s.k. miljöprofiler, där man på ett lättöverskådligt sätt kan få en uppfattning om varje sysselsättningsgrupps genomsnittliga upplevelse av olika typer av påfrestningar i arbetet. Med hjälp av dessa miljöprofiler är det också lätt att göra en jämförelse mellan de olika grupperna.

II. Metodbeskrivning

Den subjektiva upplevelsen av arbetsmiljön hos byggnadsarbetarna har kartlagts med hjälp av ett frågeformulär. Den första gruppen av frågor avser att få fram hur stor mekanisk belastning som olika kroppsdelar utsätts för. Svaren avser den belastning som förekommer vid just den typ av arbete som utfördes då de objektiva mätningarna genomfördes. I anslutning till detta har även frågor ställts angående vilket av momenten i det arbete som utförs, som är mest belastande.

Den andra gruppen av frågor avser kemiska, fysikaliska och tekniska belastningar, som träarbetare, undertaksmontörer och målare utsätts för. Teknisk belastning står för akuta skaderisker.

Denna indelning samt utformningen av frågorna har hämtats ur Bygghälsans rapport "Miljöbeskrivningar av sysselsättningar inom byggbranschen", 1977. När dessa frågor i föreliggande undersökning besvarats, har arbetarna utgått från hur de i allmänhet besväras av de olika belastningsfaktorerna, eftersom det antagits att upplevelsen av besvären bärs med från arbetsplats till arbetsplats. Resultaten visar alltså den bestående uppfattningen om graden av belastning.

Den tredje gruppen av frågor gäller den sociala miljön. Frågorna, som här har bedömts som väsentliga att ställa, har bl.a. utformats genom samtal med en del byggnadsarbetare samt med Birgitta Herloff, psykolog vid Götaverken. Samtliga frågor är formulerade så att det ligger en negativ värdering i dem. Det kan tyckas olämpligt, eftersom en negativ förväntan (liksom en positiv) kan bidra till en slagsida åt det negativa (respektive positiva) hållet i svaren. Emellertid var det nödvändigt utifrån en strävan att få fram en miljöprofil som skulle ange grad av påfrestning.

I frågeformuläret har belastningsfaktorerna graderats i en 5-gradig ordinalskala¹ enligt

- 1 = mycket låg belastning
- 2 = låg belastning
- 3 = acceptabel belastning
- 4 = hög belastning
- 5 = mycket hög belastning

I frågorna avseende den sociala miljöbeskrivningen har ordet belastning bytts ut mot påfrestning.

De sociala faktorerna redovisas i två kategorier. I den ena är sådana faktorer medtagna, som kan förväntas fördela sig olika i de fem sysselsättningsgrupperna. Den andra kategorin, däremot, innehåller faktorer av mer allmän karaktär. Med allmän karaktär menas här att det är osannolikt att det skulle föreligga någon signifikant skillnad mellan

¹Ordinalskala är en skala där siffervärdena ger en rangordning men ej säger något om avståndet mellan värdena.

resultaten i annat fall än mellan yrkesgrupperna. Resultaten av de sistnämnda faktorerna redovisas således i tre grupper, där de två spacklingsgrupperna utgör yrkesgruppen "målare", grupperna spikning och skruvning utgör "snickare" och gruppen borring "undertaxmontörer".

Trots att frågeformuläret nästan genomgående var utformat så, att det endast gällde för intervjuobjektet att sätta kryss i "lämplig" ruta, så var intervjuaren personligen närvarande hela tiden. Härigenom undanröjdes risken för missförstånd i tolkningen av frågorna. Samtal uppstod kring vissa frågor, och kompletterande upplysningar av intresse framkom ibland.

Om någon av belastningsfaktorerna ej upplevdes som påfrestande eller belastande, hänfördes ett sådant svar till svarsalternativet "mycket låg belastning".

Sammanställningen av intervjusvaren har gått till så, att medianen¹ beräknats för varje belastningsfaktor inom respektive grupp. Eftersom byggnadsarbetarnas svar har graderats med hjälp av en ordinalskala, fås endast information om att vissa miljöfaktorer skiljer sig åt, och i vilken riktning skillnaderna går. Man erhåller ingen information om storleken på skillnaderna. För att få en viss uppfattning om spridningen på svaren inom varje grupp, har dessutom 1:a och 3:e kvartilerna² beräknats.

Genom att sammanbinda de olika medianvärdena med en heldragen linje har en miljöprofil bildats. När medianen hamnar mellan två svarsalternativ, åskådliggörs detta i miljöprofilen med en punkt mitt emellan svarsalternativen ifråga. Profilen visar på ett överskådligt sätt hur de olika miljöfaktorerna belastar eller påfrestar individerna. En jämförelse mellan de fem sysselsättningsgrupperna är också lätt att göra. Spridningen

¹Median är det variabelvärde, som delar antalet observationer mitt itu.

²1:a kvartilen är det variabelvärde som till vänster har 25% av observationerna. 3:e kvartilen är det variabelvärde som har 75% av observationerna till vänster.

åskådliggörs med ett skuggat område, där skuggningens konturer utgör kvartilvärdena. Inom det skuggade området ligger alltså 50% av observationerna.

Orsakerna till mekanisk belastning redovisas i fem ytdiagram¹ - ett för varje sysselsättningsgrupp.

Samtliga frågor i intervjuformuläret framgår av figurerna, vilka redovisas i resultatdelen.

III. Resultat

För att förenkla kommentarerna kring resultaten används bokstavs-
beteckningar för de olika grupperna enligt

- A = spikning av glespanel
- B = borrhning vid undertaksmontage
- C = skruvning av gipsplattor
- D = maskinell sandspackling av betongtak
- E = manuell spackling av gipstak

a) Mekanisk belastning

I Fig. 13 redovisas de olika miljöprofilerna avseende belastning på kroppsdelarna inom varje undersökt sysselsättningsgrupp.

Det framgår klart av figuren, att nacken är en kroppsdel som samtliga grupper upplever högre belastning på än "acceptabelt". Grupperna A och E anger "hög belastning", medan de övriga grupperna ligger mellan "acceptabel" och "hög". Belastningen på skuldror och armar är genomgående "hög". För grupperna A och C belastas armarna mer, och medianen hamnar här mellan "hög" och "mycket hög". Anmärkningsvärd är grupp C, som upplever en "mycket hög" belastning på skuldrorna.

Övre rygg och ländrygg belastas olika beroende på sysselsättning. För grupp B är belastningen "hög" på båda ryggpartierna. När det

¹Ytdiagram är en grafisk framställningsform av resultaten, där staplarnas höjd anger svarsfrekvensen.

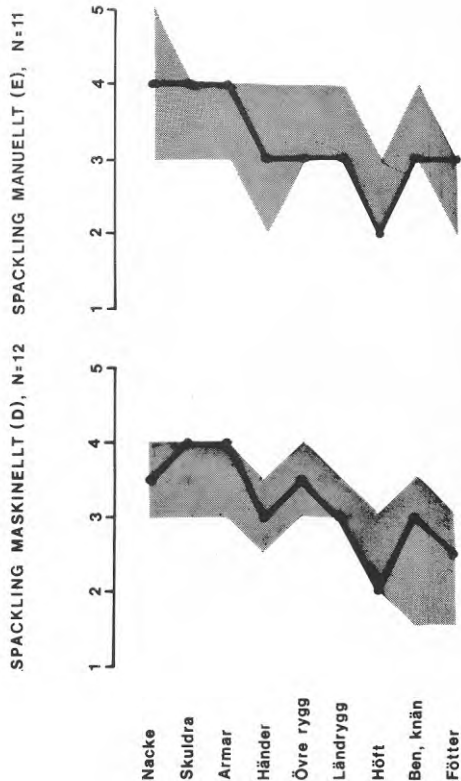
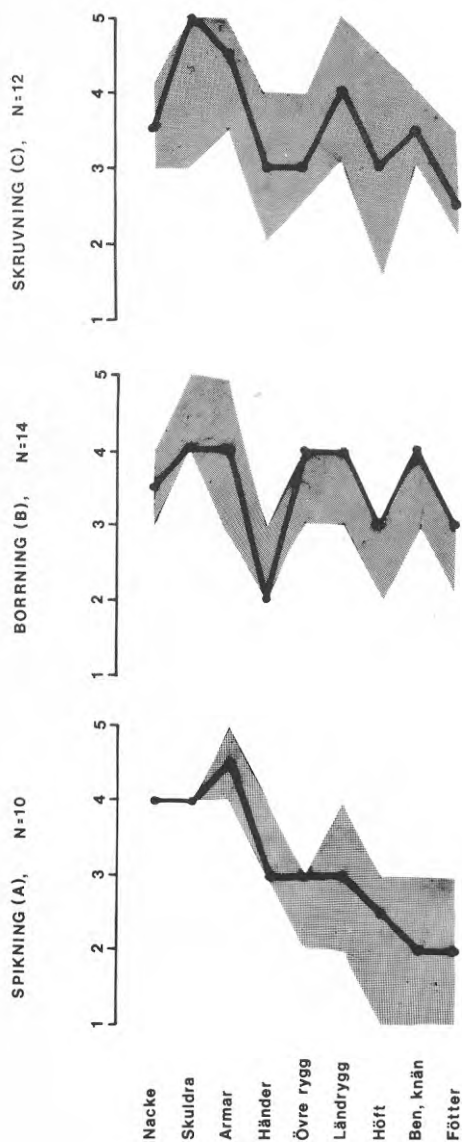


Fig. 13. Subjektiv upplevelse av mekanisk belastning.

Belastningsfaktorerna är graderade i en 5-gradig skala enligt

1 = mycket låg belastning

2 = låg belastning

3 = acceptabel belastning

4 = hög belastning

5 = mycket hög belastning

De fyllda ringarna anger medianvärdena. Det skuggade området avgränsas av 1:a respektive 3:e kvartilerna.

De fyllda ringarna anger medianvärdena. Det skuggade området avgränsas av 1:a respektive 3:e kvartilerna.

De fyllda ringarna anger medianvärdena. Det skuggade området avgränsas av 1:a respektive 3:e kvartilerna.

De fyllda ringarna anger medianvärdena. Det skuggade området avgränsas av 1:a respektive 3:e kvartilerna.

De fyllda ringarna anger medianvärdena. Det skuggade området avgränsas av 1:a respektive 3:e kvartilerna.

De fyllda ringarna anger medianvärdena. Det skuggade området avgränsas av 1:a respektive 3:e kvartilerna.

gäller grupp D är belastningen "acceptabel" för ländryggen, men större än "acceptabel" för övre ryggen. Motsatta förhållandet råder för grupp C. Grupperna A och E tycker att belastningen på ryggen är "acceptabel".

Händer, höft och fötter är kroppsdelar som man tydligen inte har något besvär av. Resultaten visar på "låg" till "acceptabel".

Ben och knän påfrestas inte för grupperna A, D och E. Däremot upplever grupp B "hög" belastning och grupp C en belastning mellan "acceptabel" och "hög".

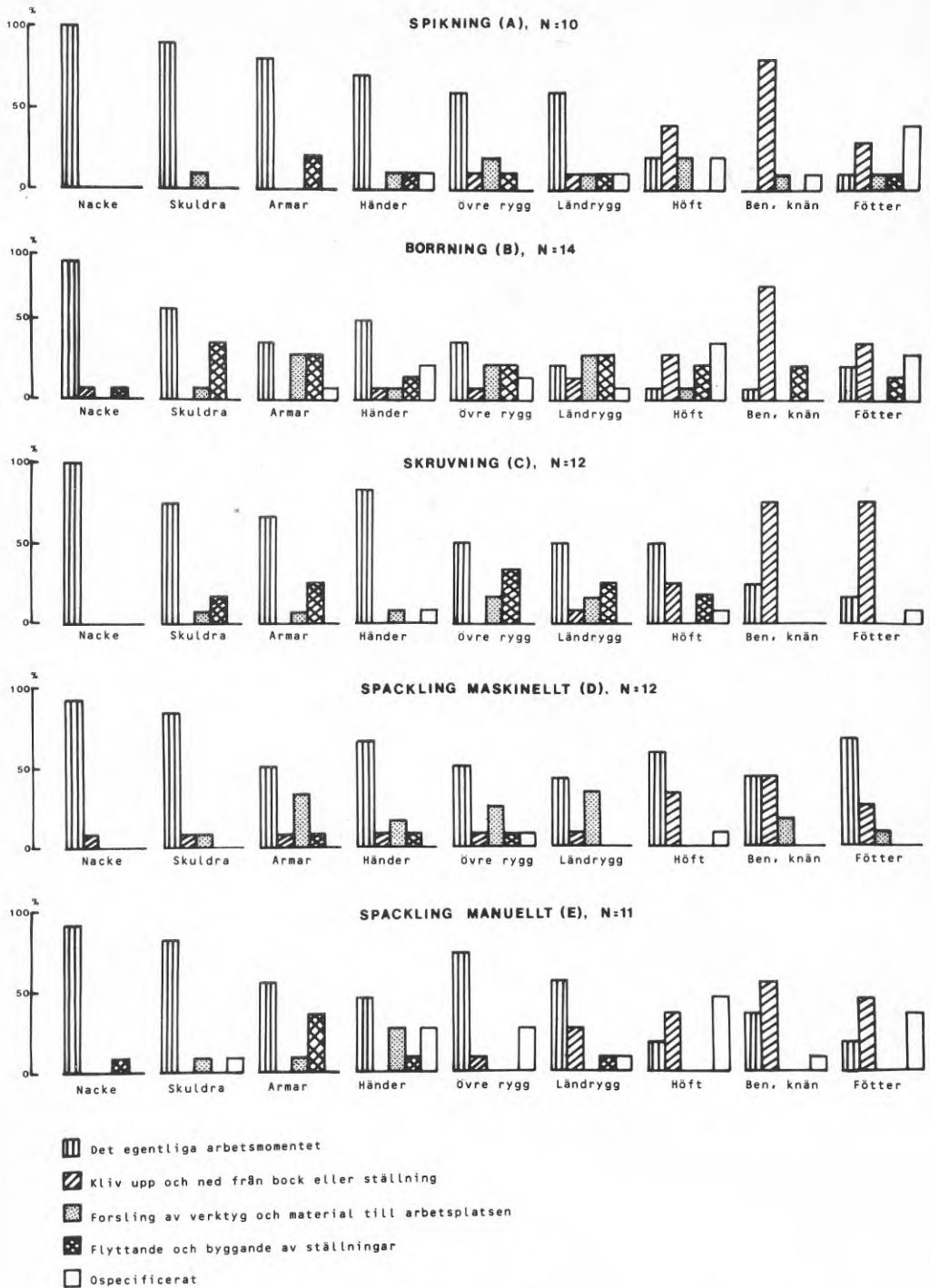
Genom att studera Fig. 14 kan man få en uppfattning om orsaken till belastning på respektive kroppsdel. Staplarna representerar olika arbetsmoment och höjden på dem anger den procentuella andel individer, som ansett ifrågavarande moment som mest belastande.

Av staplarna ser man, att "det egentliga arbetsmomentet" nästan genomgående utgör den största belastningen. När det gäller höft, ben och fötter är dock "kliv upp och ned från bock eller ställning" den huvudsakliga belastningsorsaken med undantag för grupp D, där "det egentliga arbetsmomentet" belastar samtliga kroppsdelar mest.

"Forsling av verktyg och material till arbetsplatsen" samt "flyttande och byggande av ställningar" är moment i arbetet, som upplevs olika belastande beroende på sysselsättning. Grupp B har den största spridningen. I den gruppen är belastning förorsakad av "det egentliga arbetsmomentet" inte så dominerande som för övriga grupper.

För grupp C är "flyttande och byggande av ställningar" mer belastande än "kliv upp och ned från bock eller ställning", medan det motsatta förhållandet gäller för grupp D.

De tomma staplarna i ytdiagrammet anger den procent individer, som ej markerat någon orsak till belastning. Det har berott på att de upplevt låg belastning på ifrågavarande kroppsdelar och inte kunnat hänföra den till något speciellt arbetsmoment.



Figur 14. Ytdiagram över hur olika arbetsmoment belastar olika kroppsdelar. Staplarnas höjd anger den procentuella fördelningen av de avgivna svaren.

b) Kemisk belastning

I Fig. 15 a och b redovisas bl.a. miljöprofilen för den kemiska belastningen.

Damm från stenmaterial (t.ex. betong, kalksten) och från övriga produkter (t.ex. mineralull, trä, spackel) upplevs av nästan samtliga grupper som "hög" belastning. Grupp A är den enda grupp som ej besväras av dammet.

Lösningsmedelsångor kommer man knappast i kontakt med i grupperna A, B och C. Ett fåtal individer besväras av de ångor, som uppstår i samband med mattläggarnas arbete, när dessa finns i närheten. För målarna däremot, grupperna D och E, är lösningsmedelsångor besvärande.

c) Fysikalisk belastning

Buller utgör, som framgår av Fig. 15 a och b, en för nästan samtliga "hög" till "mycket hög" belastning. Endast grupp E tycker att bullret är "acceptabelt".

Vibrationer och skakningar från de maskinverktyg som används i arbetet ger en "hög" belastning för grupperna B och C.

Den belastning som orsakas av en eventuellt olämplig belysning finner man i allmänhet "acceptabel". Undantag utgör grupp E, som anger "hög" belastning.

De klimatiska förhållandena (såsom värme, köld, luftfuktighet, drag) tyckte grupperna A, C och D var "högt" belastande, medan B och E fann dem "acceptabla".

d) Teknisk belastning

Av Fig. 15 a och b framgår, att risken för att snubbla och halka upplevs som "hög" av alla grupperna.

Risken för att störtas ned anges av grupp C som "hög" och av grupp E som "acceptabel" till "hög". Övriga grupper bedömer risken som "acceptabel".

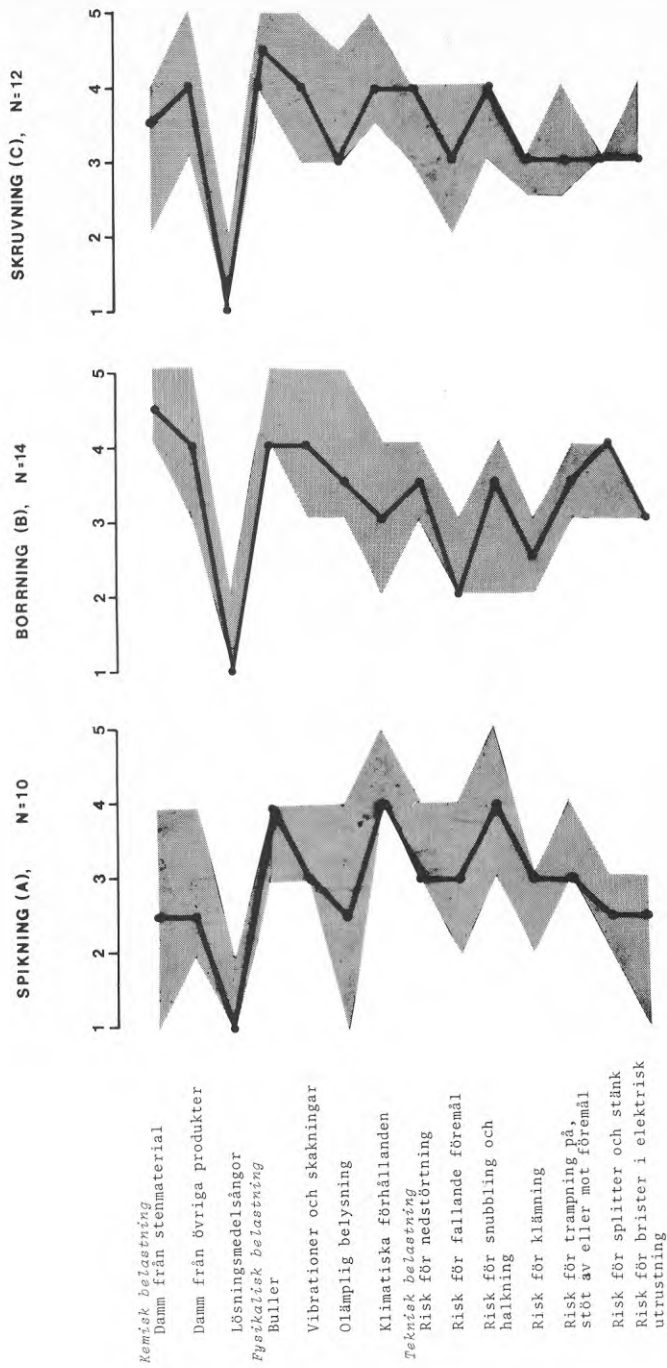


Fig. 15a. Subjektiv upplevelse av kemisk, fysikalisk och teknisk belastning. Resultaten är redovisade på samma sätt som i fig. 13.

SPACKLING MASKINELLT (D), N=12 SPACKLING MANUELLT (E), N=11

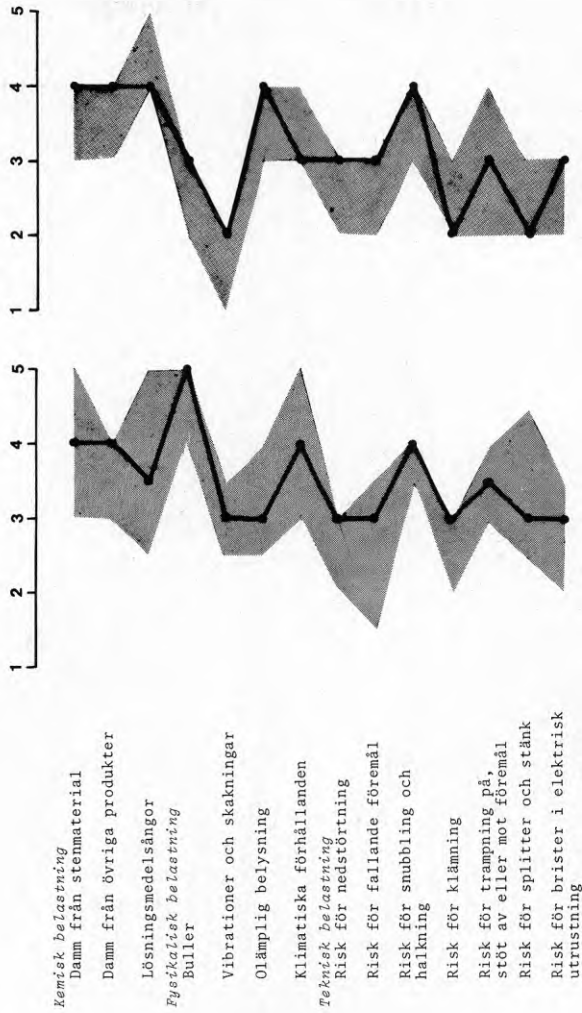


Fig. 15b. Subjektiv upplevelse av kemisk, fysikalisk och teknisk belastning. Resultaten är redovisade på samma sätt som i fig. 13.

e) Social påfrestning

Fig. 16 a och b beskriver hur de studerade sociala faktorerna påfrestar byggnadsarbetarna.

Av Fig. 16 a framgår, att ackordspressen förorsakar en "hög" påfrestning för grupperna B, C och E, medan grupperna A och D tycker den är "acceptabel". Även jäkt för att hinna bli färdig med arbetet till en viss tidpunkt upplevs som "högt" påfrestande. Fyra grupper anger detta. Endast grupp A tycker påfrestningen är "acceptabel".

Dålig planering av arbetet klagas på många gånger. Tre grupper, nämligen A, B och C, har angivit "hög" påfrestning.

Grupp C och i viss mån grupp A tycker att det är för liten omväxling, när det gäller arbetsmomenten.

Grupp A tycker att risken att skadas i arbetet är "hög", och grupperna D och E besvärar sig av skyddsutrustningen.

Genom att studera spridningen av resultaten kan man få en uppfattning om hur hela gruppens svar fördelar sig för varje fråga. T.ex. framgår det att minst 25% av grupperna A och E har bedömt risken att skadas i arbetet som "mycket högt" påfrestande.

Alla faktorer i Fig. 16 b bedöms som "mycket lågt" till "acceptabelt" påfrestande. Av spridningen framgår emellertid, att några faktorer bedöms som påfrestande av en del byggnadsarbetare. För gruppen snickare hamnar 3:e kvartilen på "hög" belastning för 5 av faktorerna. Undertaksmontörerna ligger genomgående lägst i sina bedömningar.

I de fall då medianen hamnar på "mycket låg" påfrestning kan det, som framgår av kap. II, innebära att ingen påfrestning alls förekommer.

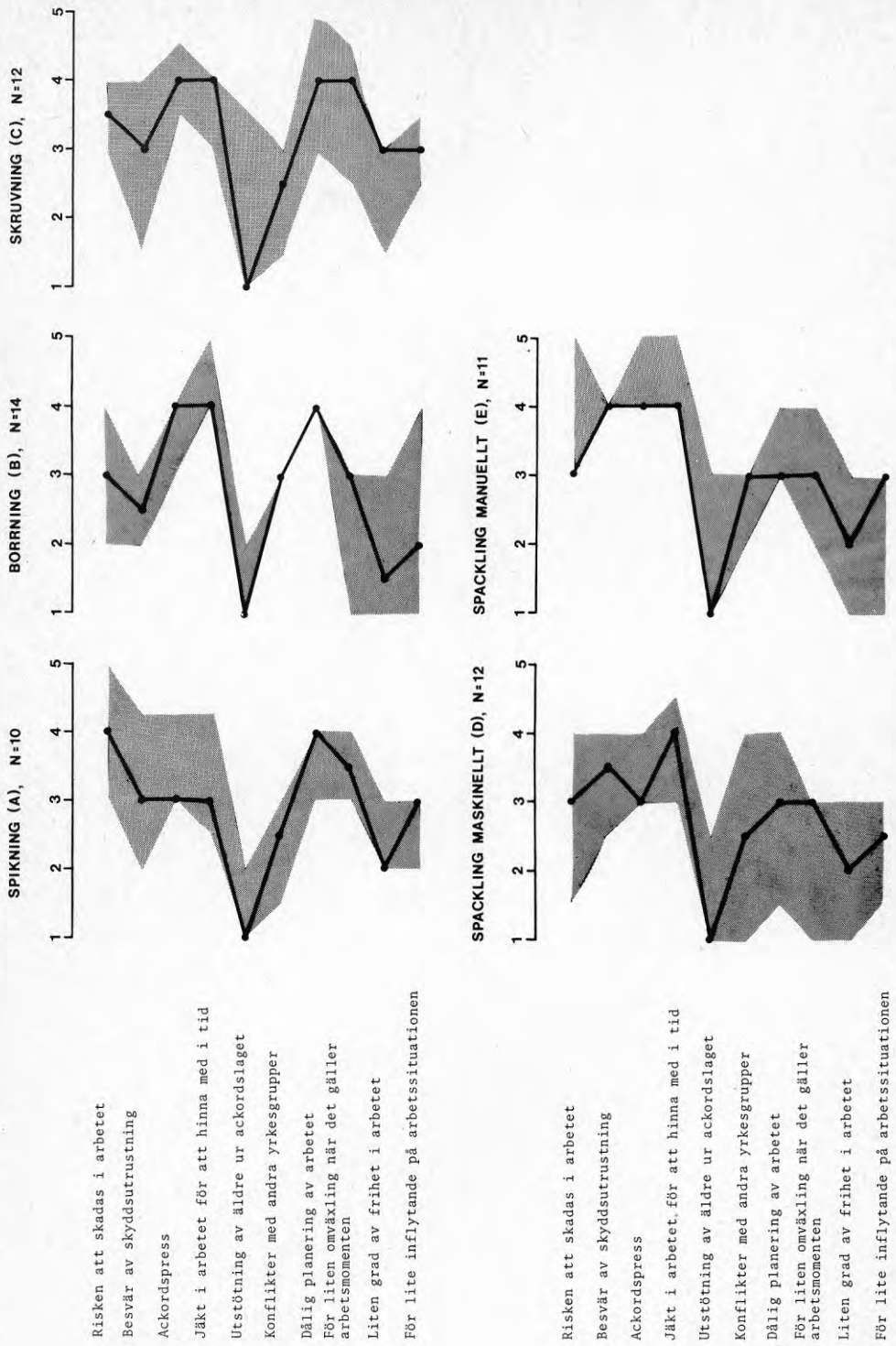


Fig. 16a. Subjektiv upplevelse av social pårestning. Resultaten är redovisade på samma sätt som i fig. 13.

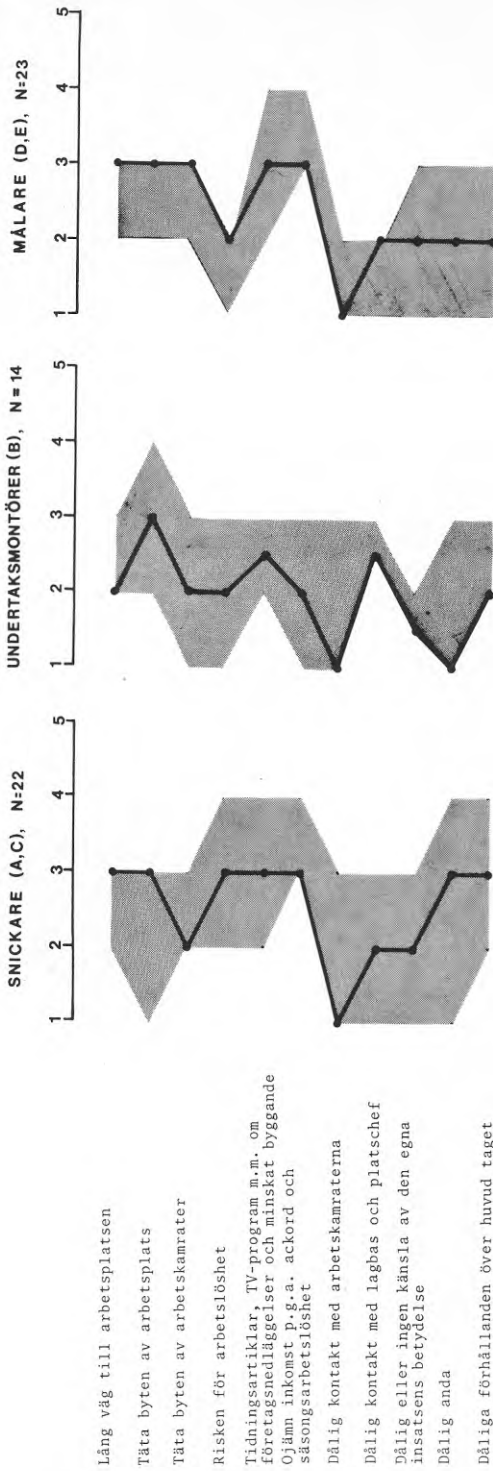


Fig. 16b. Subjektiv upplevelse av social påfrestning. Resultaten är redovisade på samma sätt som i fig. 13.

IV. Förslag till förbättringar

I slutet av frågeformuläret uppmanades den intervjuade att ge förslag till eventuella förbättringar och även ange om det fanns fler faktorer som upplevdes belastande. Här skall kort redogöras för kommentarer som gjordes av 33 st individer.

22 arbetare tog upp problem förknippade med bodarna. Vad som mest klagades på var dåliga sanitära förhållanden, dålig värme och avsaknad av kylskåp. Ett önskemål som ofta framfördes var att bodarna skulle vara större, dels för att förbättra omklädningsmöjligheterna, dels för att bereda plats åt fler och därigenom möjliggöra större gemenskap arbetarna emellan. En branschöverenskommelse om förbättrad standard i bodarna, som till fullo skall ha trätt i kraft 1980, kommer sannolikt att förbättra situationen.

En till fyra arbetare uttryckte spontana önskemål avseende respektive

bättre planering kring arbetsplatserna så att man slipper kliva i lera,

förbud mot att skicka ut en byggnadsarbetare ensam till en arbetsplats, om han har tungt material att bära,

förbättring av spackelspruta,

bättre ordnat med parkeringsmöjligheter,

fria arbetskläder, skor och verktyg,

möjlighet att få lagad mat,

helgdagsersättning,

högre garanterad inkomst,

månadslön i stället för ackordslön,

mindre arbetslag (ej över 15 man),

längre byggtid,

rotation av arbetsmoment för att undvika monotoni,

ingen stämpelklocka.

Vid samtalen med målarna framkom det att man hyste stor rädsla för vad lösningsmedelsångorna har för inverkan på lång sikt. En del tror att många ej väljer målaryrket p.g.a. dessa skaderisker.

V. Jämförelse med Bygghälsans miljöprofiler

Bygghälsan utkom i februari 1977 med en rapport "Miljöbeskrivning av sysselsättningar inom byggbranschen", 1977. I den redovisas 187 st miljöprofiler - en för varje sysselsättning. En jämförelse mellan resultaten från föreliggande undersökning och dem från Bygghälsans har utförts.

De metoder som använts för att få fram Bygghälsans profiler skiljer sig en del från dem som använts i föreliggande undersökning. Bygghälsan har undersökt färre personer i varje sysselsättningsgrupp (omkring 5 st) och någon statistisk metod har inte utnyttjats vid sammanställningen. Dessutom har belastningsfaktorerna studerats och bedömts subjektivt av en skyddsingenjör vid mättillfället.

Bygghälsan har gjort en sammanslagning av grupperna A, B och C, dvs träarbetarna och undertaxsmontörerna, till en profil. Dessutom är belastningsfaktorerna, avseende den mekaniska belastningen, benämnda på ett annat sätt. För att möjliggöra en jämförelse har i föreliggande undersökning en sammanslagning av grupperna A, B och C och av vissa belastningsfaktorer utförts enligt:

Nacke	}	Övre extremiteter
Skuldra		(hand och handled,
Armar		armbågs- och axelled)
Händer		

Övre rygg	}	Rygg
Ländrygg		

Höft	}	Undre extremiteter
Ben, knän		(fot och fotled,
Fötter		knä- och höftled)

Därefter har medianen beräknats.

Alla belastningsfaktorer avseende den fysikaliska, kemiska och tekniska belastningen i Bygghälsans undersökning är ej medtagna i de olika sysselsättningsgrupperna, p.g.a. att vissa faktorer saknade relevans vid mättillfället.

De markeringar i figurerna, som omges av en kvadrat, tillhör Bygghälsans profil och anger att hög eller mycket hög belastning under viss del av sysselsättningen förekommer.

Någon kartläggning av de sociala arbetsförhållandena har här ej utförts av Bygghälsan.

Av Fig. 17 a, b och c framgår, att resultaten av den mekaniska belastningen överensstämmer tämligen väl hos de båda undersökningarna.

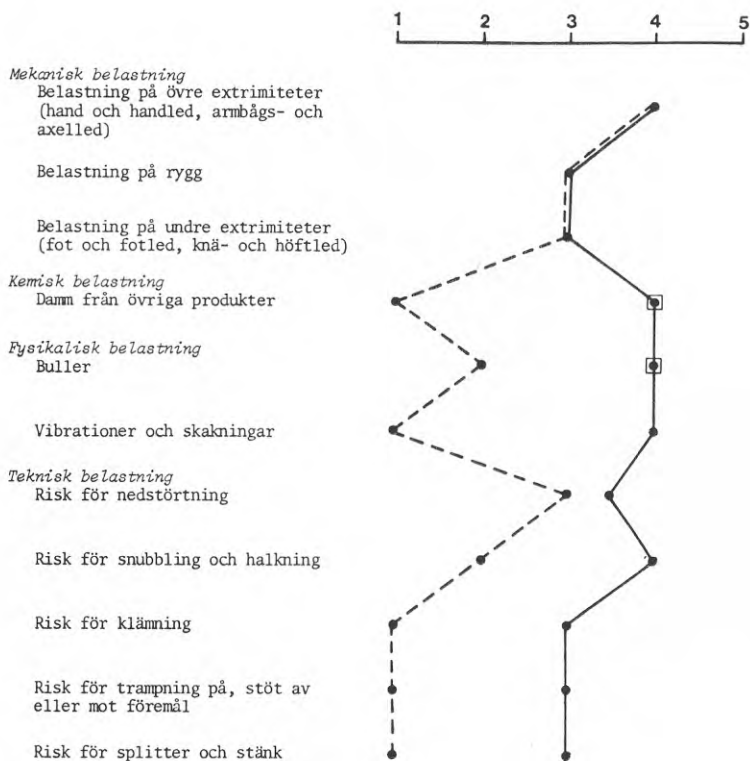
I fråga om kemiska, fysikaliska och tekniska belastningsfaktorer föreligger skillnader i resultaten, som karakteriseras av att Bygghälsan genomgående redovisar lägre belastningsgrader än föreliggande undersökning - ofta är skillnaderna betydande.

VI. Slutsatser och kommentarer

Intervjuundersökningen visar att nacke, skuldra och armar är de kroppsdelar som mekaniskt belastas mest i alla fem sysselsättningarna. Detta bekräftar de misstankar som låg bakom valet av skulderpartiet för de elektrofysiologiska mätningarna. "Det egentliga arbetsmomentet" är den avgörande belastningsorsaken på övre delen av kroppen. Belastningen på höft, ben och fötter orsakas huvudsakligen av "kliv upp och ned från bock eller ställning". Med avseende på kemisk belastning är damm av olika typer en besvärande faktor. Bullret är den mest besvärande fysikaliska belastningsfaktorn och risken att snubbla och halka den allvarligaste bland de tekniska.

Vad som upplevs mest påfrestande bland de sociala faktorerna är ackordspressen, jäkt för att hinna bli klar i tid samt dålig planering från arbetsledningens sida. Att gruppen "spikning" (A) inte besväras av jäkt i arbetet kan bero på att arbetarna i

SPIKNING, BORRNING OCH
SKRUVNING (A, B, C)



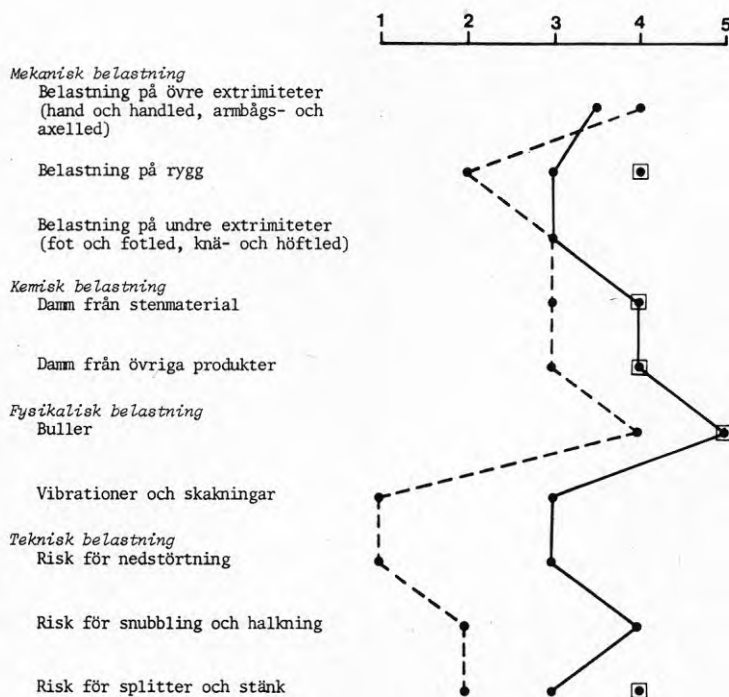
Figur 17 a. Jämförelse mellan resultaten från föreliggande undersökning av Bygghälsans resultat.

———— föreliggande undersöknings profil

----- Bygghälsans profil

Ordinalskalan är graderad på samma sätt som i Fig. 13.

SPACKLING MASKINELLT (D)

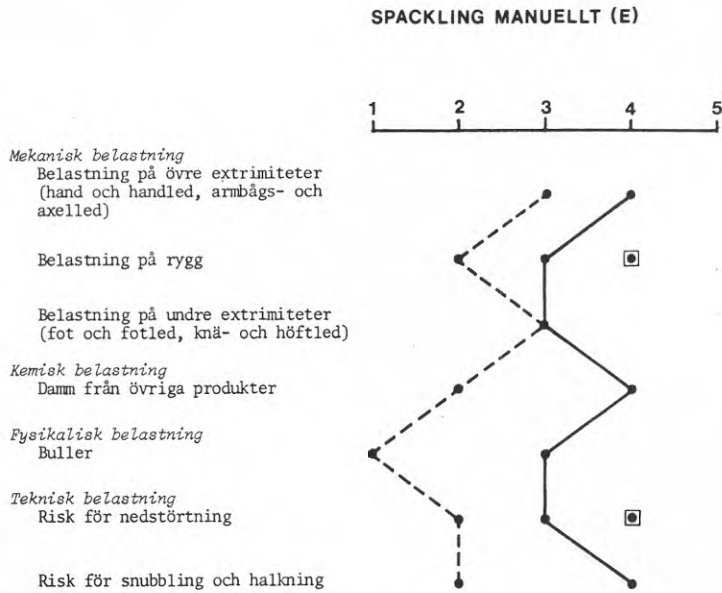


Figur 17 b. Jämförelse mellan resultaten från föreliggande undersökning och Bygghälsans resultat.

———— föreliggande undersöknings profil

----- Bygghälsans profil

Ordinalskalan är graderad på samma sätt som i Fig. 13.



Figur 17 c. Jämförelse mellan resultaten från föreliggande undersökning och Bygghälsans resultat.

———— föreliggande undersöknings profil

----- Bygghälsans profil

Ordinalskalan är graderad på samma sätt som i Fig. 13.

denna grupp kommer in i ett tidigare skede i bygget än de andra. Utstötning av äldre personer ur ackordslaget förnekar många förekomsten av. En del menar att utstötning förekommer, men ej nödvändigtvis av äldre arbetskraft, utan lika gärna av yngre. Dålig kontakt med lagbas och platschef är en illa formulerad fråga, vilket tyvärr upptäcktes på ett för sent stadium i undersökningen. Visserligen ansågs kontakten acceptabel eller bättre, men frågan borde delats upp i två frågor, eftersom det kan förekomma god kontakt med den ena, men inte nödvändigtvis med den andra.

Resultaten beträffande mekanisk belastning från den jämförda undersökningen utförd av Bygghälsan överensstämmer ganska väl med resultaten från föreliggande undersökning. För övriga belastningsfaktorer skiljer sig resultaten avsevärt. Tar man emellertid hänsyn till de faktorer, som enligt Bygghälsan medför hög belastning under en viss tid av arbetet (kvadraterna i Fig. 17 a, b och c), överensstämmer de båda undersökningarnas resultat bättre. Anmärkningsvärt är, att damm är en belastningsfaktor som i föreliggande undersökning upplevs som "hög" för gruppen manuell spackling, medan Bygghälsans bedömning anger "låg" belastning. För riskfaktorn snubbling och halkning föreligger en betydande skillnad i resultaten mellan de båda undersökningarna. Bygghälsan redovisar genomgående "låg" belastning, medan föreliggande undersökning visar att en "hög" belastning förekommer.

Med anledning av de skillnader som föreligger, frågar man sig om orsakerna till dessa ligger i olikheterna i undersökningarnas utformning. Det är viktigt att ha klart för sig, att Bygghälsans bedömning av de kemiska, fysikaliska och tekniska belastningsfaktorerna utfördes av skyddsingenjörer, medan det i föreliggande undersökning var byggnadsarbetarna själva som gjorde bedömningen. Dessutom är det avgörande att känna till att skyddsingenjörerna gjorde sina studier vid mättillfället. Bedömningen grundar sig alltså på endast ett observationstillfälle, medan byggnadsarbetarnas bedömningar gjordes utifrån en mer varaktig uppfattning om graden av belastning.

Generella slutsatser från resultaten i föreliggande rapport bör dras med en viss försiktighet, eftersom undersökningsmaterialet är ganska litet. För de svar som har en liten spridning, blir slutsaterna naturligtvis säkrare än för dem som har en stor spridning. De sistnämnda kan dock ge en indikation av byggnadsarbetares upplevelser av belastningarna och påfrestningarna ifråga.

DISKUSSION

Den undersökning som nu utförts på byggnadsarbetare har i flera avseenden skett med samma metoder som den ovan nämnda undersökningen av svetsare på Arendalsvarvet (Petersén & Kadefors, 1977). Detta är naturligt, eftersom vi i båda fallen avsåg att studera skuldermuskler vid sådan belastning, som sker när armen ofta och länge lyfts upp mot och över skulderplanet. Sådana arbeten kräver en fixering av skulderbladet, vilket innebär ett mer eller mindre statiskt arbete för vissa skuldermuskler. Denna statiska belastning av skuldermuskler är synnerligen framträdande vid handsvetsning. Graden av statisk ansträngning varierar i de typer av byggnadsarbeten, som vi valt att undersöka och kunde i vissa fall förväntas vara av samma storleksordning som vid handsvetsning.

Vissa fynd av stort principiellt intresse och nyhetsvärde framkom i svetsarstudien. I en analys av modellkaraktär jämfördes erfarna svetsare (hade svetsat mer än fem år) med oerfarna svetsare (hade svetsat mindre än ett år). Alla svetsare fick utföra vissa standardarbeten: svetsning i följd med fyra elektroder i vardera låg vertikal svets, hög vertikal svets och underuppsvets, således arbetsmoment med stegrade krav på arbete med lyftad arm. Undersökningen visade, att trötthetsförändringar i de muskelelektriska signalerna hos gruppen oerfarna svetsare uppträder i deltoideus och supraspinatus samt i övre delen av trapezius. Sådana trötthetsförändringar uppträder i supraspinatus hos de erfarna svetsarna trots deras långvariga träning och goda arbetsteknik. Trötthetsreaktionerna var således mer utbredda hos de oerfarna svetsarna. Hos dessa kunde trötthetssymtomen uppträda redan vid hög vertikal svets och de var framträdande vid underuppsvets. Skillnaden mellan erfarna och oerfarna svetsare noterades också beträffande subjektiv lokal trötthet och obehagskänsla.

Det vore givetvis av stort intresse att genomföra en liknande undersökning på byggnadsarbetare. I vår studie förekommer ett mindre antal arbetare, som har jobbat jämförelsevis kort tid i sin bransch - 1/2 - 1 - 2 år. Det är emellertid rimligt att

den inlärningstid som fordras för att man skall nå en viss stabil nivå av teknisk skicklighet att utföra arbetet, växlar från arbetstyp till arbetstyp. Vi har därför inte sett oss i stånd att fastställa någon tidsgräns för sådan yrkeserfarenhet och således icke gjort någon indelning av personmaterialet med hänsyn till anställningstid i arbetet. Svårigheten ökar därför att man i vissa arbetsgrupper haft utbildning vid yrkesskola, i andra inte. Den vetenskapliga kunskapen om yrkesinlärningen inom dessa områden är otillräcklig. Den bör förkovras.

I rapporten från det ovan citerade Arendalsprojektet analyserades svårigheten för forskaren-specialisten att rätt placera in resultaten av sin undersökning i helhetsbilden. I det projektet löste man svårigheterna genom att formera en arbetsgrupp bestående av forskare, skyddsombud och svetsare, vilka tillsammans valde de arbetsplatser som skulle studeras och gemensamt skrev rapporter över arbetsplatsundersökningarna. I byggnadsbranschen är detta svårare att genomföra. Här finns ett fåtal arbetare per arbetstyp och byggplats. Dessa arbetare flyttar från arbetsplats till arbetsplats. Desto viktigare är det att finna vägen till samma grundläggande kunskap om problem och prioritering, som vi fick i svetsarundersökningen. Vi anser att vi i rimlig mån fick sådana kunskaper genom kontinuerliga utfrågningar och diskussioner med byggarbetare, skyddsombud och fackliga företrädare samt genom den särskilda intervjuundersökning som finns redovisad i rapporten.

Gemensamt för de variabler som använts för att beskriva muskelbelastningen under arbete är att positiva värden anger att muskelfibrernas ledningshastighet sänks, dvs att belastningen har en ackumulerande effekt på muskeln. Ett positivt värde innebär att muskelfunktionen försämras; om belastningen fortgår, når man så småningom en gräns där muskeln inte orkar med belastningen längre. Parallellt utvecklas i muskeln en känsla av trötthet eller obehag, som kan övergå i smärta. Effekten är mest påtaglig vid statisk belastning, men gäller också dynamisk belastning när förloppet är sådant att fullständig återhämtning ej hinner ske under perioderna med

låg kontraktion. De belastningar som förekommer i praktiken är i allmänhet inte så extrema, att de ger upphov till smärttillstånd, men någon form av obehag - kvarstående under längre tid eller snabbt övergående - upplevs inte så sällan.

För varje arbetsmoment har mätningarna gjorts på en försöksgrupp om minst tio män. För glespanelspikning och maskinspackling utgjordes försöksgrupperna av samtliga som utförde dessa arbeten i göteborgsregionen vid den aktuella tidpunkten. De belastningar som erhöles för varje arbetsmoment beror på hur belastande arbetsmomentet är, men också på de individuella egenskaperna hos arbetaren i försöksgruppen; ålder, erfarenhet, kroppsvikt, kroppslängd, muskelstyrka och skicklighet.

De arbetstyper som studerats i denna undersökning valdes ut för att de av arbetarna själva ansågs vara ansträngande. Resultaten visar också att det finns kvarstående belastningseffekter under mättiden för en eller flera muskler i alla arbetstyper. Effekten beror i första hand på vad som görs i arbetsmomentet, eftersom arbetsuppgiften bestämmer arbetsställning och erforderlig kraftutveckling i musklerna. De påvisade variationerna av ledningshastigheten ger belägg för detta. I andra hand inverkar tekniken i arbetet och erfarenheten samt den individuella fysiologiska förmågan att utstå belastningen. Intervjuundersökningen visar också, att arbetarna upplever belastningen på framför allt skuldra och ofta nacke och armar som hög i alla arbetsmomenten.

Entimmesregistreringarna har utförts vid skilda tidpunkter under dagen, för att det skulle vara möjligt att undersöka flera personer samma dag. Tidpunkt på dagen för registrering inverkar emellertid ej på resultatet från entimmesregistreringarna, eftersom ledningshastighetsförändringarna relateras till begynnelsevärdet. Heldagsregistreringarna visar fortlöpande ackumulering av belastningseffekter.

Som gränsvärde för kvarstående trötthet kan man tänka sig värdet noll, vilket innebär att någon kvarstående belastningseffekt ej finns. För att fastställa ett positivt gränsvärde

måste man genomföra särskilda utredningar (Petersén, Lindström & Örtengren, 1977). Våra metoder är då utomordentligt lämpliga - ja, de enda för närvarande användbara - för att genom epidemiologiska undersökningar bestämma dos-responsrelationer med vars hjälp sådana gränsvärden kan utarbetas.

I det frågeformulär som använts av Bygghälsan vid hälsokontroller har frågan som hänför sig till skulderbesvär formulerats sålunda: Har Du under sista året haft värk eller stelhet i någon axel/arm? Med denna formulering torde nästan samtliga kliniska differentialdiagnoser vid de mycket vanligt förekommande skuldersmärtorna kunna vara aktuella, t.ex. cervikala smärtsyndrom, frozen shoulder, akuta förkalkningstendinitier, degenerativ artros - artrit, specifika och ospecifika artrit, senrupturer och andra traumatiska skador samt tumörer (Booth & Marvel, 1975). Mer specificerade frågeställningar erfordras i en enkät av denna typ, där smärtans lokalisering och förhållande till belastning samt ledens rörlighet belyses. Även med en sådan komplettering är det emellertid sannolikt att en klinisk undersökning av de arbetare som anger besvär måste ske för att ge erforderlig säkerhet om vilka skulderbesvär som förekommer hos byggnadsarbetarna. Framför allt måste då de cervikala smärtsyndromen uteslutas. En sådan klinisk undersökning torde kunna genomföras av en sjukgymnast under ledning av en kliniker som endast behöver bedöma svårklassificerade fall.

Eftersom skuldersmärtor av denna typ är vanliga hos befolkningen på basen av åldersförändringar måste förekomsten hos andra yrkeskategorier finnas känd genom matchade kontrollstudier. På Götaverken förekommer nu en studie över skuldersmärtornas epidemiologi, där förutom svetsare även kontorspersonal och plåtslagare studeras. Genom att använda ett motsvarande formulär vid en enkät bland byggnadsarbetare torde det vara möjligt att klarlägga förekomsten av deras skuldersmärtor i jämförelse med andra yrkesgrupper. Det gäller givetvis att få ett så stort material att det statistiska testet får tillräcklig styrka.

Den kliniska undersökningen kan sedan tillgå så, att varje arbetare som angett typiska smärtor enligt formuläret, kallas till en undersökning hos en speciell sjukgymnast. Denna undersökning bör inledas med en yrkesanamnetisk del enligt ett särskilt formulär och därefter utförs en klinisk undersökning enligt standardiserade principer. Sannolikt behövs även en kortare, strukturerad intervjudel för att utesluta tänkbara differentialdiagnoser. Totalt torde denna undersökning kunna genomföras av en sjukgymnast på en timme per arbetare. Svårbedömda fall kallas till särskild undersökning av ortopedisk kirurg.

Först med en ökad kunskap om den verkliga förekomsten av väl definierade skulderbesvär hos byggnadsarbetare finns möjligheter att ge en målinriktad ergonomisk rådgivning.

Det skall särskilt betonas, att värdet av våra fysiologiska bestämningar av muskelbelastning här inte så mycket ligger i den ökade kunskapen om muskelfunktionen som sådan, utan i den upplysning som erhålles om kvantitet och fördelning av belastning på framför allt senorna.

ÅTGÄRDSFÖRSLAG

Med utgångspunkt från den lämnade beskrivningen av skulderprojektet vill vi avsluta rapporten med några förslag till åtgärder. Dessa förslag hänför sig dels till de fysiologiska och kliniska resultaten av undersökningen och dels till den information, som erhöles genom intervjuerna med de undersökta arbetarna. Uppgifterna från intervjuerna är samlade för att i någon mån erhålla en bakgrund till de fysiologiska resultaten. Dessa intervjuer gör inte anspråk på att ge en helhetsbild av arbetarnas situation. Vissa uppgifter i intervjuerna ger förslag till konkreta lokala åtgärder, andra kan sättas i relation till problem i branschen, som sedan kortare eller längre tid varit under offentlig debatt.

Förslag med anledning av de fysiologiska och kliniska resultaten

Den goda överensstämmelse mellan de fysiologiska resultaten från skuldermuskelundersökningen av handsvetsare vid Arendalsvarvet och de fysiologiska resultaten från den föreliggande undersökningen är av största betydelse för vår rekommendation av åtgärdsförslag. Enstämmighet råder om att framför allt supraspinatus-muskeln anstränges vid de studerade arbetstyperna med armen högt lyftad. Det var också denna muskel, som hos äldre arbetare med viss typ av skuldersmärta, visade tecken till inflammatorisk reaktion runt muskelns sena.

För att minska belastningen på de utsatta musklerna och deras senor kan man gå tillväga på flera sätt. I syfte att, med utgångspunkt från våra resultat, nå fram till åtgärder som förbättrar villkoren för skuldermusklerna har vi tillsammans med arbetare, skyddsombud m.fl. diskuterat en rad förslag. Dessa åtgärdsförslag är av tre typer.

- (1) Förändrad arbetsteknik avseende såväl utveckling av arbetsredskap som produktionsmetoder. Hit hör t.ex.:
 - (a) Utveckling av motoriserad arbetsplattform för förflyttning inom rummet och för höjdställning.
 - (b) Framtagning av lättare luftkompressorer för maskinspikning.

- (c) Användning av prefabricerade byggnadselement kan i vissa fall underlätta arbetet för skuldran. T.ex. kan ingjutna fästelement för installation av undertak, VVS- och ventilationsanläggningar innebära en lättnad för undertaksmontörer, rörmontörer och ventilationsinstallatörer.
- (2) Ett annat sätt att minska belastningen är att sörja för större omväxling mellan lågt och högt belastade arbetsuppgifter, eftersom långt driven specialisering har en tendens att ge en ensidig belastning; med andra ord föreslås rotation av arbetsmoment för att undvika långvarig statisk belastning - härigenom motverkas också monotoni i arbetet. Detta förslag kom också fram i intervjuundersökningen.
- (3) Våra fysiologiska undersökningar har aktualiserat brister i kunskapen om smärttillstånd i skulderregionen och deras orsaker hos arbetare med statisk belastning av skuldermuskulaturen. Vi har, som nämnts, påvisat förekomsten av en inflammatorisk reaktion i senan till supraspinatusmuskeln hos äldre svetsare med skuldersmärter. En epidemiologisk undersökning pågår för att utröna om denna åkomma uppstår genom en yrkesskada. De kunskaper i dessa frågor som framkommit genom Bygghälsans hälsokontroller med hjälp av frågeformulär är otillräckliga. Vi vill därför som åtgärdsförslag rekommendera en epidemiologisk undersökning av väl definierade skulderbesvär hos byggarbetare och lämnar i rapporten vissa riktlinjer för en sådan undersökning. Denna analys förutsättes ske i samarbete med Bygghälsan.

Förslag baserade på intervjuundersökningen

- (4) Antalet undersökta arbetare har bestämts med tanke på de fysiologiska studierna, vilket gör att den sociologiska bedömningen inte blir representativ för de penetrerade arbetstyperna. De vunna sociologiska erfarenheterna talar emellertid för, att det skulle vara av intresse att företa en mer omfattande sådan analys av arbetsförhållandena. Särskilt angeläget är det att närmare undersöka de faktorer som bedömts som svårt belastande eller påfrestande.

Ett antal förslag till åtgärder framkom i samband med diskussion av faktorer, som av de intervjuade arbetarna framhölls som särskilt besvärande.

- (5) Mekanisk belastning av nacke, skuldra och armar bör, såsom det också framgår av den fysiologiska undersökningen, kunna minskas genom rotation av arbetsmomenten. Arbetsmoment, som karakteriseras av statisk belastning på skulder- och nackmuskulatur, är ofta förenade med belastning av annat slag. T.ex. kan det vara så att arbetaren under arbetet står uppkliven på en ställning, varifrån han ideligen får hoppa eller klättra ned för att hämta något och så klättra eller hoppa upp igen. Åtskilliga förbättringar borde enkelt kunna göras genom ändrad planering samt teknisk utveckling för att åstadkomma lättare förflyttning av redskap och andra förnödenheter i arbetet.
- (6) I fråga om kemisk och fysikalisk belastning, t.ex. genom damm och buller, framhölls särskilt betydelsen av effektivare information om skaderisker. Viktigast är dock att i största möjliga utsträckning minska sådana kemiska och fysikaliska faktorer.
- (7) Beträffande teknisk belastning berördes i synnerhet risken att snubbla och halka. "Bättre planering av arbetsplatserna så att man slipper kliva i lera", var ett förslag som framfördes. Att kliva i lera måste innebära större risk att halka - dels att halka i leran, dels att halka inne i bygget på grund av att skorna för med sig lera in. Härtill kommer trivsselfaktorn. Åtgärd: Separata gångvägar med utlagd trall? Sandning?
- (8) Att ensam bära tungt material kan öka risken för förslitning av rygg och skuldror, utöver den förslitningsrisk som själva arbetet ger. Därför framlades av arbetarna förslaget "förbud att skicka ut en byggnadsarbetare ensam till en arbetsplats, om han har tungt material att släpa på".

- (9) När social påfrestning diskuteras, kommer ackordspress i fokus för intresset. Frågan om fast månadslön eller ackordslön är en alltför omfattande fråga för att innefattas i denna undersökning. Det skall dock nämnas, att förslag om fast månadslön i flera fall spontant togs upp. Detta har sitt intresse med hänsyn till att det i "Betänkande från Byggnadsförbundets lönekommitté", 1977, framgår att 2/3 av 19 000 tillfrågade byggnadsarbetare ansåg ackord vara en olämplig löneform.
- (10) Önskemål framfördes om "längre byggtid". Att byggtiden är snävt tilltagen kan innebära jäkt i arbetet. Fungerar dessutom planeringen dåligt, så att byggnadsmaterial ej finns på plats då det skall användas, förvärras situationen ytterligare.
- (11) Förbättrad standard ifråga om bodar är under genomförande i enlighet med särskild branschöverenskommelse. För en grupp kvarstår dock problemet med undermåliga omklädnings- och rastlokaler; det är sådana arbetare som utför mindre arbeten, t.ex. reparationer. På grund av att arbetet är kortvarigt, underlåter man att transportera en manskapsbod till arbetsplatsen. En tänkbar åtgärd är att skaffa mindre och lättare manskapsbodar, typ husvagn, som man kan dra efter en personbil.

Slutligen vill vi uttrycka förhoppningen, att här givna förslag till åtgärder skall locka fram nya idéer hos läsaren med syfte att förebygga överbelastning av skuldermusklerna i byggarbete.

REFERENSER

- Andersson, B.J.G., Herberts, P. & Örtengren, R., Myoelectric back muscle activity in standardized lifting postures. I Biomechanics (red. P.V. Komi), vol. 5-A, s. 520-529. University Park Press, Baltimore, 1976.
- Arbetarskyddsfonden, Rapport nr 1, 1976.
- Basmajian, J.V. & Latif, A., Integrated actions and functions of the chief flexors of the elbow: a detailed electromyographic analysis. *J Bone Jt Surg*, 39-A, 1106, 1957.
- Betänkande från byggnadsarbetareförbundets löneformskommitté: Fasta löner, fasta anställningar. 1977.
- Bjurö, T. & Westling, H., *Klinisk fysiologi. Esselte Studium*, Lund, 1973.
- Booth, R.E. & Marvel, J.P., Differential diagnosis of shoulder pain. *Orthopedic Clinics of North America*, 6:2, 353, 1975.
- Cobb, S. & Forbes, A., Electromyographic studies of muscular fatigue in man. *Am J Physiol*, 65, 234-251, 1923.
- Dempster, W.T. & Finerty, J.C., Relative activity of wrist moving muscles in static support of the wrist joint: an electromyographic study. *Am J Physiol*, 150, 596, 1947.
- Duca, C.J. & Forrest, W.J., Force analysis of individual muscles acting simultaneously on the shoulder joint during isometric abduction. *J Biomechanics*, 6, 385, 1973.
- Edwards, R.G. & Lippold, O.C., The relation between force and integrated electrical activity in fatigued muscle. *J Physiol*, London, 132, 677-681, 1956.
- Herberts, P. & Kadefors, R., A study of painful shoulder in welders. *Acta Orthop Scand*, 47, 381-387, 1976.

Inman, V.T., Ralston, H.J., Saunders, C.M., Feinstein, B. & Walker, E., Relation of human electromyogram to muscle tension. *Electroenceph clin Neurophysiol*, 4, 187, 1952.

Inman, V.T., Saunders, J.B. & Abbott, L.C., Observations on the function of the shoulder joint. *J Bone Jt Surg*, 26, 1, 1944.

Kadefors, R., Kaiser, E. & Petersén, I., Dynamic spectrum analysis of myo-potentials with special reference to muscle fatigue. *Electromyography*, 8, 39-74, 1968.

Kadefors, R., Magnusson, R., Nilsson, N.J. & Petersén, I., Effects of ischemia on the myo-electric signal spectrum. *Acta Physiol Scand*, Suppl 330, 110, 1969.

Kadefors, R., Petersén, I. & Herberts, P., Muscular reactions to welding work: An electromyographic investigation. *Ergonomics*, 19, 543-558, 1976.

Kaiser, E. & Petersén, I., Frequency analysis of action potentials during tetanic contraction. *Electroenceph clin Neurophysiol*, 14, 955, 1962.

Kaiser, E. & Petersén, I., Frequency analysis of muscle action potentials during tetanic contraction. *Electromyography*, 3, 5-17, 1963.

Kaiser, E. & Petersén, I., Muscle action potentials studied by frequency analysis and duration measurements. *Acta Neurol Scand*, 41, 213-236, 1965.

Kessel, L. & Watson, M., The painful arc syndrome. Clinical classification as a guide to management. *J Bone Jt Surg*, 59-B, 166, 1977.

Kogi, K. & Hakamada, T., Slowing of surface electromyogram and muscle strength in muscle fatigue. *Rep Inst Sc Lab*, 60, 27-41, 1962.

Kondo, S., Anthropological study on human posture and locomotion. Mainly from the viewpoint of electromyography.

J Fac Sci Univ Tokyo, V-II-2, 189-260, 1960.

Larsson, O., Sandspackling ur ergonomisk synvinkel.

Rapport från Bygghälsan, 1971.

Lindström, L., On the frequency spectrum of EMG signals.

Res Lab Med Electr, Göteborg, 1970. Avhandling.

Lindström, L., Contributions to the interpretation of myoelectric power spectra. Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 1974. Gradualavhandling.

Lindström, L., Testa din trötthet. Medicinsk teknik nr 3,

8-10, 1976.

Lindström, L., Magnusson, R. & Petersén, I., Muscular fatigue and action potential conduction velocity changes studied with

frequency analysis of EMG signals. Electromyography, 10, 341-356, 1970.

Lindström, L., Kadefors, R. & Petersén, I., Ett elektromyografiskt index för muskeltrötthet. Svenska Läk-sällsk Handl, 84(4), 241, 1975.

Lindström, L., Kadefors, R. & Petersén, I., A new electro-

myographic index for fatigue studies. Digest of the 11th ICMBE, s. 374-375. Ottawa, 1976.

Lindström, L., Kadefors, R. & Petersén, I., An electromyographic index for localized muscle fatigue. J Appl Physiol, 43, 750-754, 1977.

Lindström, L., Magnusson, R. & Petersén, I., Muscle load influence on myo-electric signal characteristics. Scand J Rehab Med, Suppl 3, 127-148, 1974.

Lindström, L. & Örtengren, R., Opublicerade laboratorie-anteckningar, 1977.

Miljöbeskrivning av sysselsättningar inom byggbranschen.
Rapport från Bygghälsan, 1977.

Mortimer, J.T., Kerstein, M.D., Magnusson, R. & Petersén, I.,
Muscle blood flow in the human biceps as a function of
developed muscle force. Arch Surg, 103, 376-377, 1971.

Mortimer, J.T., Magnusson, R. & Petersén, I., Conduction
velocity in ischemic muscle: effect on EMG frequency spectrum.
Am J Physiol, 219, 1324-1329, 1970.

Petersén, I. & Kadefors, R., Svetsning undersökt med kliniskt
neurofysiologiska mätmetoder. Nordeström och Hellgren Tryckeri
AB, Göteborg, 1977.

Petersén, I., Lindström, L. & Örtengren, R., Möjligheter
att bestämma gränsvärden för maximal arbetsbelastning.
Sammanfattningar från Nordiska ergonomisällskapets möte 1977,
Helsingfors, Finland. Ergonomiatiedote, 3/77, 1977.

Piper, H., Electrophysiologie menschlicher Muskeln. s. 126,
Verlag von Julius Springer, Berlin, 1912.

Rathburn, J.B. & Macnab, I., The microvascular pattern of the
rotator cuff. J Bone Jt Surg, 52-B, 540, 1970.

Rothman, R. & Parke, W., The vascular anatomy of the rotator
cuff. Clin Orthop, 41, 176-186, 1965.

Sato, M., Some problems in the quantitative evaluation of
muscle fatigue by frequency analysis of the electromyogram.
J Anthropol Soc Nippon, 73, 20-27, 1965.

Scherrer, J. & Bourguignon, A., Changes in the electromyogram
produced by fatigue in man. Am J Physical Med, 38, 170-180,
1959.

Åstrand, I., Arbetsfysiologi. Almqvist & Wiksell, Stockholm,
1977.

Örtengren, R., On multichannel acquisition of biomedical data, with special reference to the recording and analysis of myoelectric signals. Teknisk rapport nr 46, Sektionen för elektroteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 1974. Avhandling.

Örtengren, R., A filter bank analyser with simultaneous readout for the evaluation of dynamic myoelectric signal power spectra. Med & Biol Eng, 13, 561-569, 1975a.

Örtengren, R., Mångkanalselektromyografi. Störnings- och säkerhetstekniska aspekter. Svenska Läk-sällsk Handl, 84(4), 241, 1975b.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750819-1 från Statens råd för byggnadsforskning till Sahlgrenska sjukhuset, Yrkesmedicinskt centrum, Kliniskt neurofysiologiska laboratoriet, Göteborg.

R61: 1978

ISBN 91-540-2892-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600761

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms