



CENTER FOR SENSORY-MOTOR INTERACTION

Vurdering af håndtag og gribestilling på renovationsbeholdere

PASCAL MADELEINE – MICHAEL VOIGT – LARS ARENDT-NIELSEN

Aalborg University 2000

Vurdering af håndtag og gribestilling på renovationsbeholdere

Upper extremity loads during pushing and pulling of waste container
- Effects of the handle orientation

PASCAL MADELEINE

MICHAEL VOIGT

LARS ARENDT-NIELSEN



Center for Sensory-Motor Interaction (SMI)

Aalborg University

2000

Forord

Denne rapport indeholder en korfattet beskrivelse af problemstillinger, undersøgelsesmetoder, resultater og konklusioner fra projektet “Vurdering af håndtag og gribestilling på renovationsbeholdere”.

Arbejdsrapporterne har karakter af en præliminær formidling af resultater til forskningsprogrammets nære interessegrupper (Arbejdstilsynets direktorat og kredse, brancheorganisationer, komuner, deltagende virksomheder mv.).

Rapporterne kan endvidere indgå i grundlaget for udarbejdelsen af arbejdsmiljøregler og – vejledninger om renovation og genanvendelse, hvis det skulle vise sig at være behov for udarbejdelse af et sådant materiale.

Det skal endvidere bemærkes, at der i arbejdsrapporterne nødvendigvis må tages forbehold for konklusioner, idet tilvejebringelse af supplerende data i efterfølgende undersøgelser kan give anledning til andre fortolkningsmuligheder.

Undersøgelserne samt udarbejdelsen af rapportererne er gennemført med støtte fra Arbejdsministeriet, Arbejdsgiverforeningen for Handel, Transport og Service (AHTS), Renholdningsselskabet af 1898 samt med Danmarks Grundforskningsfond (DG). Fremsatte synspunkter i rapportererne afspejler ikke nødvendigvis Rådets, Miljøstyrelsens eller Arbejdstilsynets officielle holdning.

Indhold

Sammenfatning	1
Summary	4
1. Indledning	7
2. Materiale og metoder	9
2.1 Personer	9
2.2 Protokol	9
2.3 Kinetisk registrering	10
2.4 Kinematisk registrering	10
2.5 Registrering af ubehag	12
2.6 Analyse metoder	12
2.6.1 Kinetiske beregninger	12
2.6.2 Kinetiske beregninger	13
2.6.3 Analyse af ubehagsintensitet	14
2.7 Statistik	14
3. Resultater	15
3.1 Tipning af container og igangsættelse	15
3.1.1 Igangsættelsesvarighed	15
3.1.2 Tipning af container	15
3.1.3 Belastninger ved tipning af container og igangsættelse	15
3.2 Gang	16
3.2.1 Container-bevægelse	16
3.2.2 Ganghastighed	16
3.2.3 Belastninger ved gang	17
3.3 Stop	18
3.3.1 Stop varighed	18
3.3.2 Belastninger ved stop	18
3.4 Venstre og højre arme samt overkrop-bevægelse i 3D	20
3.4.1 Håndledsbevægelsernes amplituder i forhold til container i 3D	20
3.4.2 Håndledsbevægelsernes amplitude i 3D	21
3.4.3 Albueledsbevægelsernes amplitude i 3D	21
3.4.4 Skulderledsbevægelsernes amplitude i 3D	22
3.4.5 Overkroppens bevægelses amplitude i 3D	22
3.5 Ubehagsintensitet	22
4. Diskussion	24
4.1 Målemetoder og beregningsmetoder	24
4.1.1 Registrering	24
4.1.2 Beregningsmetoder	24
4.2 Belastninger ved tipning-igangsættelse, gang og stop	26
4.3 Bevægelsesamplituder i 3D	27
4.4 Ubehagsintensitet	27
5. Konklusion	29
6. Referencer	31

Sammenfatning

P Madeleine, M Voigt, L Arendt-Nielsen. Vurdering af håndtag og gribestilling på renovationsbeholdere. Center for Sansse-Motor Interaktion (SMI), Aalborg Universitet, Aalborg 2000.

Der er i dag epidemiologisk dokumentation for, at statiske belastninger og ensidige gentagne bevægelser er relateret til muskulært besvær og senelidelser. For at minimere kroppens mekaniske belastninger har man ændret arbejdsmetoder, fra løft/bære til træk/skub. De mekaniske belastningsniveauer omkring overekstremiteternes led er stadig ukendte ved skub og træk af 2-hjulscontainere. Skub- eller trækarbejde er en relativt kompliceret bevægelse som skal kvantiteres ved hjælp af en tredimensionel (3D) analyse. Ved at måle disse belastninger i 3D ville man muligvis kunne reducere belastningerne yderligere for eksempel ved at modificere containeren.

Formålet med denne undersøgelse var at vurdere størrelsen af de ergonomiske belastninger ved standardiserede træk og skub af renovationsbeholdere fra et biomekanisk og subjektivt synspunkt samt vurdere betydningen af håndtagenes udformning og placering for størrelsen af disse belastninger.

I undersøgelsen indgik 12 forsøgspersoner. Der anvendtes 2-hjulscontainere på 120- liters (gribehøjde: 955/1150 mm ved vandrette/lodrette håndtag, vægt: 26.5 kg inkl. beholder og kraftmåleudstyr) og 240- liters (gribehøjde: 1050/1250 mm ved vandrette/lodrette håndtag, vægt: 51.2 kg inkl. beholder og kraftmåleudstyr). Containerne blev skubbet og trukket med hhv. vandrette og lodrette håndtag. For disse otte konditioner blev der lavet målinger under vip, igangsætning, gang og stop. Der blev foretaget kombinerede registreringer af reaktionskræfterne i venstre og højre håndtag (AMTI kraftsensorer), bevægelsernes koordination (Pro-Reflex bevægelsesanalyse systemet), samt af ubehagsintensitet som opstår ved bevægelserne. Kraftdata samt bevægelsesdata blev anvendt til at vurdere bevægelser og belastninger i 3D, herunder: ledvinkeludslag samt håndledsbelastninger i de testede situationer. Ganghastighed, igangsætnings-varighed og stop-varighed blev regnet ud. Spids-spids værdier for venstre og højre håndleds ledreaktionkræfter og ledmomenter blev beregnet i alle tre retninger og adderet for de tre følgende faser: vip-igangsætning, gang og stop. Yderligere blev maksimal bevægelsesudslag målt i alle tre retninger og adderet for venstre og højre arme hånd i forhold til container, hånd, albue, skulder og overkrop. Ubehagsintensitet blev også målt

Sammenfattende er de vigtigste fund i denne undersøgelse:

❶ Vandrette håndtag i forhold til lodrette håndtag

Med brug af vandrette håndtag målt: mindre tipningsamplitude af container, mindre belastning for venstre og højre håndled, mindre bevægelsesamplitude ved venstre og højre hånd i forhold til container, venstre og højre hånd, venstre og højre albue, venstre og højre skulder og overkrop.

❷ To-hjuls 120-liters container i forhold til 2-hjuls 240-liters containere

Med brug af to-hjuls 120-liters container målt: Større ganghastighed, mindre belastning for venstre og højre håndled, mindre bevægelsesamplitude ved højre hånd i forhold til container, højre hånd og mindre ubehagsintensitet.

❸ Skubarbejde i forhold til trækarbejde

Ved skubarbejde målt: Kortere varighed af tipning- igangsættelse/tipning, mindre containerstabilitet, mindre belastning for venstre og højre håndled, mindre bevægelsesamplitude ved højre hånd i forhold til container, venstre skulder og mindre ubehagsintensitet.

Ved skubarbejde målt også: Længere stop-varighed, større bevægelsesamplitude ved venstre og højre albue.

Disse resultater peger i retning af, at håndtagstypen har betydning for bevægelsesaktiviteten og belastningsniveauet under standardiseret renovationsarbejde, dvs. større bevægelsesaktivitet og større belastning med lodrette håndtag i forhold til vandrette håndtag. Container-størrelsen har også indflydelse men i mindre grad, idet vi observerede både en øget bevægelsesaktivitet og en øget belastning med en 240-liters container i forhold til en 120-liters container. Arbejdstypens betydning er mindre klarlagt, selvom belastningen var mindre for skubarbejde i forhold til trækarbejde. Det skal tilføjes at de målte belastningsniveauer ved venstre og højre håndled generelt var lave. Derudover er det umuligt ud fra denne undersøgelse at adskille effekter af håndtagstypen eller gribehøjden.

Et andet vigtigt fund er, at renovationsarbejde er asymmetrisk (dvs. forskellig for venstre og højre side), idet bevægelsesaktiviteten var forskellig for venstre og højre side mens belastningsniveauerne var nogenlunde ens.

Det er kendt, at øget bevægelsesamplitude og øget belastningsniveau kan give anledning til arbejdsrelateret muskulært besvær. Derfor kan man diskutere om lodrette håndtag vil have en positiv effekt. På den anden side vil variationer i udførelsen af arbejdet, dvs. skiften mellem brug af lodrette og vandrette håndtag muligvis have en positiv betydning i form af reduceret risiko for udvikling af arbejdsrelateret muskulært besvær.

På grund af de generelt lave belastninger peger denne undersøgelse ikke i retning af at arbejde udført under standardiserede forhold med enten vandrette eller lodrette håndtag (under de målte konditioner) belaster bevægeapparatet på niveauer der er skadelige. Andre faktorer som:

- 1) rykviske træk- og skubbevægelser på grund af højt arbejdstempo
- 2) ujævne underlag, kantsten og lignende
- 3) træk og skub med én hånd
- 4) træk og skubbevægelser, der medfører vridmomenter mellem torsoens længdeakse og containerens tyngdepunkt.

synes potentielt at være mere betydende risikofaktorer, idet disse faktorer ud fra et biomekanisk synspunkt må give højere spidsbelastninger.

Endelig skal det bemærkes at denne undersøgelse har været begrænset til sammenligning af vandrette mod lodrette håndtag (med forskellige gribehøjde) ved skub- og trækarbejde med to-hjuls 120- og 240-liters containere under standardiseret renovationsarbejde. Yderligere spiller tidsaspekter som gentagelse af arbejdscyklus en rolle, der ikke er vurderet i denne undersøgelse.

Summary

P Madeleine, M Voigt, L Arendt-Nielsen. Upper extremity loads during pushing and pulling of waste container – Effects of the handle orientation. Center for Sensory-Motor Interaction (SMI), Aalborg University, Aalborg 2000.

Relative high prevalence of work-related musculo-skeletal disorders (WRMSD) are frequently observed in manual materials handling jobs. In order to decrease the physical loading, ergonomic interventions have been done, from lift/carry to push/pull within refuse collection. Furthermore, the knowledge regarding the mechanical load on the upper body during pushing and pulling of waste containers is still sparse. Refuse collection is a rather complicated movement that requires a three-dimension (3D) analysis. Measuring the upper extremities physical load can be helpful in the design of new ergonomic intervention (container design for instance).

The aim of this study was to investigate the load on the upper body during standardised pushing and pulling of waste containers with focus on the significance of the handle orientation.

Twelve subjects participated in the experiment. To-wheels waste containers, 120 litres (handle location: 955/1150 mm above the floor level for horizontal/vertical handle, weight: 26.5 kg including the waste container and the sensors) and 240 litres (handle location: 1050/1250 mm above the floor level for horizontal/vertical handle, weight: 51.2 kg including the waste container and the sensors), vertical and horizontal handle and, push and pull situations were investigated. The handgrip reaction forces and moments in three directions and arm movement in 3D were recorded for the left and right arm during pushing/pulling of the waste containers together with the unpleasance intensity. The data from the kinetic and kinematic recordings were used in a standard inverse dynamics calculation procedure. The angular excursion, joint reaction forces and net joint moments were calculated in three directions. The gait velocity and the duration of the tilt-acceleration and deceleration-stop phases were computed. The peak-peak values around the left and right hand joint reaction forces and net joint moments were extracted and added for the following periods: tilting-accelerating, walking and stopping. Furthermore, the ranges of motion were computed in 3D and added for left and right hand vs. container, wrist, elbow, shoulder joints and torso vs. surroundings movement. Finally, the intensity of unpleasance was recorded for each situation.

The main results of this study are:

❶ Horizontal vs. vertical handle

Lower container tilt amplitude, lower left and right hand net joint moments values for the tilt-acceleration and deceleration-stop phases, lower movement amplitude for left and right hand vs. container, right wrist joint, left and right elbow joints, left and right shoulder joints and torso vs. surroundings with a horizontal handle compared with a vertical one.

❷ Two-wheels 120 litres container vs. 2-wheels 240 litres container

Greater gait velocity, lower left and right hand net joint moments values for the tilt-acceleration and deceleration-stop phases, lower movement amplitude for right hand vs. container, right wrist joint and lower intensity of unpleasantness with 2-wheels 120 litres container compared with 2-wheels 240 litres container.

❸ Push vs. pull

Lower tilt-acceleration duration, lower container stability, lower left and right hand net joint moments values for the tilt-acceleration and deceleration-stop phases, lower movement amplitude for right hand vs. container, left shoulder joint and lower intensity of unpleasantness for push/pull.

Greater stop-deceleration duration, greater movement amplitude for left and right elbow joints for push compared with pull.

The results underlined the role of the handle type on the postural and mechanical load in refuse collecting, i.e. greater movement amplitude and greater net joint moments with vertical/horizontal handles under standardised refuse collection. The container size influenced refuse collecting to a lower extent, a 2-wheels 240 liters container lead to greater movement amplitude and greater net joint moments compared with a 2-wheels 120 liters container. The role played by push/pull is less clear, even if the left and right hand net joint moments were lower for push/pull. It should be mentioned that the measured left and right hand net joint moments were rather low. Furthermore, it is impossible to determine if the observed are due to the handle type and/or the handle height.

Another important finding resulted in the fact that refuse collecting is not symmetrical, i.e. the movement amplitude was different on left and right side even if the load was rather similar.

It is well known that an increased posture and movement activity as well as greater loads may be important phenomenon giving a positive feedback, i.e. increased motor activity that could lead to WRMSD. For this reason, the vertical handle may not seem to have positive effects on the mechanical load. On the other hand, variations of the way to perform daily work are known to be very important and may reduce the occurrence of WRMSD.

Due to the low joint loading reported in this study, it is more likely that refuse collection with either horizontal or vertical handles (under the reported conditions) will not overload the upper extremities. Other factors like, high cadence, different ground surfaces, curb, one hand and, awkward position (including torsional moments) refuse collection may from at biomechanical point of view lead to greater peak loads.

This study is therefore limited to the comparison of horizontal/vertical handle (with different handle height), push/pull and 2-wheels 120/240 liters container. Furthermore, time aspects role like repetition of work cycle is not investigated in this study.

1. Indledning

Der er i dag epidemiologisk dokumentation for, at statiske belastninger og ensidige gentagne bevægelser er prediktorer for muskulært besvær og senelidelser (Sommerich et al. 1993, Hoozemans et al. 1998). Kroniske smerter er et stort helbredsmæssigt problem med betydelige personlige og socioøkonomiske konsekvenser. Smerter er en af de hyppigste årsager til, at patienter opsøger en behandler. Forbruget af smertelindrende medicin i Danmark er stadig stigende. For at fastslå strategiske metoder til at sænke arbejdsrelateret muskulært besvær, skal risikofaktorerne vurderes. Trods mange undersøgelser kan man konstatere, at arbejdsrelateret muskulært besvær er et relevant problem.

Husholdningsaffald indsamles og transporteres i forskellige beholdertyper som sække, spande, containere. Håndtagshøjde, ændringer i kraftniveau, affaldsindsamling typer, lokalisering af affald, forskellige underlagsbetydning for ryg- og skulderbelastninger er blevet undersøgt (de Loose et al. 1995, Resnick og Chaffin 1996, Schibye et al. 1997, Laursen 1998, Laursen and Schibye 1998, Okunribido og Haslegrave 1999, de Loose et al. 2000, Kingma et al. 2000). Affaldsindsamling i 2-hjulscontainer resulterer i en mindre belastning i forhold til sække eller 4-hjulscontainer (de Loose et al. 1995). Tidligere undersøgelser har vist at kompressionskraften i lænderyggen ved skub og træk af affaldscontainere er under den 3400 N grænseværdi fastsat af det amerikanske arbejdsmiljøinstitut (de Loose et al. 1995, Schibye et al. 1997). Parallelt er belastningsniveauet kendt som en risikofaktor og skulderbelastningen kan føre til muskulært besvær. Derfor er det vigtigt at sænke belastningen endnu mere ved renovationsarbejde. Faktisk har håndtagenes udforming aldrig været undersøgt ved skub- og trækarbejde.

Ved hjælp af moderne medikoteknisk udstyr kan kinetiske (kræfter) og 3D kinematiske (bevægelser) målinger kvantitere de mulige forandringer i belastningsmønster som forskellige håndtag og den konkrete gribestilling på renovationsbeholdere kan foranledige. Under den biomekaniske undersøgelse måles forsøgspersonernes bevægelser, de antropometriske afstande og de dynamiske kræfter som forsøgspersonerne under udførelsen af renovationsarbejdet påvirker håndtagene med. De målte data fra forsøgspersonerne kan sammen med en model af kroppen benyttes til at beregne hvilke kraftpåvirkninger de enkelte legemesdele bliver udsat for. For at beskrive hvorledes kroppen bevæger sig benyttes ofte et videopositioneringssystem bestående af flere kameraer, der ved brug af avanceret computerteknik, kan bestemme et punkts bevægelse i 3D. De kræfter som forsøgspersonerne påvirker håndtagene med, måles med kraftransducere. Disse målinger kan nu sammen med kropsmodellen benyttes til at beregne ledkinematikken og ledkinetikken (ledbevægelser, ledreaktionskræfter og ledmomenter). Dette gøres ved at benytte Newtons mekanik og i mange tilfælde Eulers vinkel teori. Ud fra de beregnede kinematiske og kinetiske data er det muligt, at vurdere betydningen af håndtagenes udforming. Tidligere

studier har ikke omfattet 3D analyse af renovationsarbejde. Endvidere har belastninger på venstre og højre overekstremitet ikke været undersøgt.

Formålet er at lave en objektiv biomekanisk analyse af de ergonomiske belastninger ved træk og skub af renovationsbeholdere samt vurdere betydningen af håndtagenes udformning og placering for størrelsen af disse belastninger. Desuden kombineres undersøgelsen med en måling af forsøgspersonernes subjektive oplevelse af arbejdet. Undersøgelsen vil fokusere på, at dokumentere belastningseffekter af håndtag og gribestilling hos raske forsøgspersoner. Kombinationen af kraft-, bevægelsesmålinger vil give information om bevægelsesaktivitet og ergonomiske belastninger hos renovationsarbejdere. I øvrigt kan disse resultater yderligere anvendes til at vurdere fordele og ulemper ved at lave ergonomiske interventioner som f.eks. ændringer i håndtagsdesign og gribestillinger.

2. Materialer og metoder

Undersøgelserne foretages med kombinerede registreringer af 1) reaktionskræfter og momenter i håndtag (AMTI kraftsensorer), 2) bevægelsernes koordination (bevægelsesanalyse) samt, 3) ubehagsintensitet som opstår ved bevægelserne. Kombinationen af disse målinger vil give information om generelle bevægelser, ledkinematik og ledkinetik i 3D, samt ubehagsintensitet hos renovationsarbejdere.

2.1 Personer

Undersøgelsen blev gennemført med hjælp fra 12 raske mandlige forsøgspersoner. De var i gennemsnit (+/-SD) 24.2 +/- 0.7 år gamle, vejede 77.1 +/- 2 kg og var 179cm høje. Alle forsøgspersoner var mellem 170 og 187 cm høje. Ingen forsøgspersoner havde muskulært besvær. Projektet er på forhånd godkendt af den lokale etiske komite, og alle forsøgspersoner blev inden undersøgelsen informeret om forsøget og gav efter Helsinkikonventionen et skriftligt tilsagn om, at de var blevet informeret og at de deltog frivilligt i forsøget.

2.2 Protokol

I alt blev otte konditioner testet for at dokumentere belastningseffekter af håndtag og gribestilling (se tabel 1). To forskellige container (2-hjuls 120- og 240- liters), to håndtagsplaceringer (vandret og lodret) og skub- og trækarbejde.

	2-hjuls 120- liters container	2-hjuls 240- liters container
Vandret	1) Skub 2) Træk	5) Skub 6) Træk
Lodret	3) Skub 4) Træk	7) Skub 8) Træk

Tabel 1: De otte testede konditioner

De to anvendte 2-hjulscontainere var:

- 1) 120- liters container (Plastic Omnium), vægt: 26.5 kg inkl. beholder og kraftmåleudstyr
 - gribehøjde ved vandrette håndtag: 955 mm
 - gribehøjde ved lodrette håndtag: 1150 mm
- 2) 240- liters container (Plastic Omnium), vægt: 51.2 kg inkl. beholder og kraftmåleudstyr
 - gribehøjde ved vandrette håndtag: 1050 mm
 - gribehøjde ved lodrette håndtag: 1250 mm

Ifølge en opgørelse fra R98 blev containerne fyldt med en vægt som svarer til en fyldt container i gennemsnit (skakt, skralderum og avisindsamling). Endvidere, belastningen i

containerne (26.5 og 51.2 kg inkluderet beholder og sensorer) blev placeret ca. midt i således at tyngdepunktet befinder sig ca. midt i containerne. Hjulene var standardhjul lavet af hårdt gummi.

Vandrette/lodrette håndtag blev tilpasset men krafttransducere til at svare til placeringen af de oprindelige vandrette/ lodrette håndtag for 120- og 240- liters containere (se figur 1). Lodrette håndtag var vanskelige at tilpasse pga. originalhåndtagenes elasticitet, derfor blev et specialhåndtag med tilsvarende gribehøjde og udformning lavet.

Ved vandret skub- og trækarbejde med to hænder blev to slags målinger optaget:

- 1) fra en stillestående stilling til tipning af container-igangsættelse, vedligeholdelse og stop
- 2) gang samt med container

Rækkefølgen var randomiseret og hver enkelt situation blev målt tre gange.

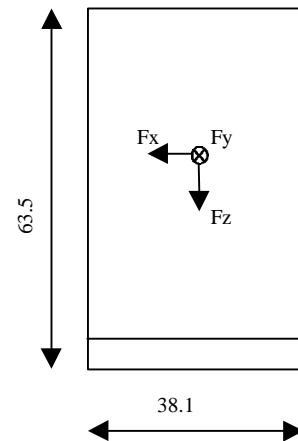
Forsøgspersonerne brugte begge hænder og den dominerende fod til at tippe containeren og stille den tilbage. Forsøgspersonernes fodtøj var kondisko. Forsøgene blev udført som laboratorieforsøg hvor skub- og trækarbejdet svarede til gennemsnitligt skub- og trækarbejde ved renovation med 2-hjulscontainere.



Figur 1: Eksempel af 240- liters, lodrette håndtag, trækarbejde

2.3 Kinetisk registrering

To AMTI biomekaniske kraftsensorer, model FS6-250, blev anvendt til at bestemme kraft og moment i håndtag under udførelsen af de standardiserede bevægelser (se figur 2). Sensorerne måler kræfter og momenter i 3 planer, nemlig vertikalt, anterior/posterior og medial/lateral. Signalerne blev forstærket 2000 gange, lavpas filtreret ved 10,5Hz og digitaliseret i en 32 kanals A/D konverter ved 500Hz. De digitaliserede kraft- og momentsignaler blev opsamlet på en PC med dataopsamlingsprogrammet "Mr Kick", udviklet på SMI.



Figur 2: AMTI FS6 force transducer

2.4 Kinematisk registrering

Pro-Reflex er et nyere positions- og bevægelsesanalyse system, baseret på videoteknologi. Grundlæggende fortrin er, at det er i stand til måle den tredimensionelle position af et stort antal passivt reflekterende markør under komplicerede bevægelser med en høj tidsopløsning (op til 240- billeder pr. sekund). Systemet er udviklet til kinematisk analyse.

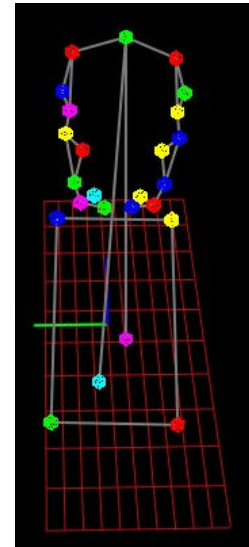
På Center for Sanses-Motorisk Interaktion (SMI), Institut for Medicinsk Informatik og Billedanalyse, Aalborg Universitet består systemet af 8 CCD-kameraer/video processorer,

som kan udsende infrarødt lys, en monitor og en PC. Passivt reflekterende markør placeres svarende til relevante punkter på kroppen (se Figur 3 og 4). Herefter udføres en standardiseret arbejdsbevægelse. Kameraet udsender infrarødt lys, som reflekteres af markørerne tilbage til kameraet, der også virker som detektor. Genkendte markører vises i realtid på en monitor. Videoprocessoren udregner de tredimensionelle koordinater for hver markør. Dvs. at man samtidig med at en person udfører en bevægelse kan følge positionen af markørbrikkerne i et koordinatsystem.

To markørkonfigurationer blev brugt til at måle bevægelser under skub- og trækarbejde. For vandret trækarbejde (120- og 240- liters container) var markørerne placeret efter følgende specificering (se figur 3).

25 markører blev brugt. Markørernes placering var følgende:

- toppen af container-foran - venstre og højre
- bunden af container-bagved - venstre og højre (ved hjul)
- fod - venstre og højre
- tommelfinger - venstre og højre
- pisiform - venstre og højre
- trapezium - venstre og højre
- proximal underarm - venstre og højre
- distal underarm - venstre og højre
- lat epicondyl - venstre og højre
- proximal overarm - venstre og højre
- distal overarm - venstre og højre
- acromion - venstre og højre
- C7

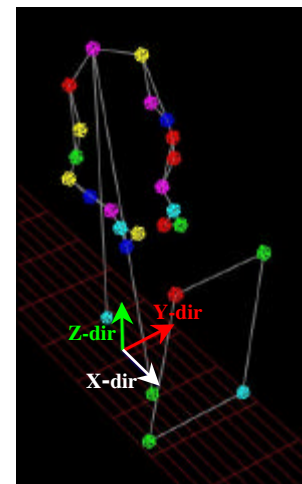


Figur 3: Vandret trækarbejde markørernes placering

For vandret skubarbejde, og lodret skub- og trækarbejder (120- og 240- liters container) var markørerne placeret efter følgende specificering (se figur 4):

25 markører blev brugt. Markørernes placering var følgende:

- toppen af container-foran - venstre og højre
- bunden af container-bagved - venstre og højre (ved hjul)
- fod - venstre og højre
- første metacarpe - venstre og højre
- femte metacarpe - venstre og højre
- dorsum hånd - venstre og højre
- proximal underarm - venstre og højre
- distal underarm - venstre og højre
- lat epicondyl - venstre og højre
- proximal overarm - venstre og højre
- distal overarm - venstre og højre
- acromion - venstre og højre
- C7



Figur 4: Vandret trækarbejde og lodret skub- og trækarbejde markørernes placering

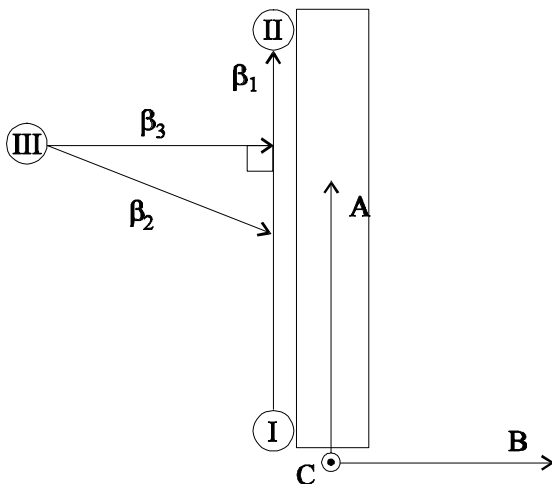
2.5 Registrering af ubehag

Graden af ubehag blev målt. Dette blev udført med en Visuel Analog Scale (VAS), som går fra 0, ingen ubehag til 100, det største ubehag. Forsøgspersonerne vurderede intensiteten af ubehag efter udførelsen af hver bevægelseskonktion..

2.6 Analysemetoder

2.6.1 Kinematiske beregninger

Video støj fjernes ved at lavpas filtrere de kinematiske data ved 3 Hz med et 4. ordens Butterworthfilter. Link-segment modellen benytter de anatomiske ledcentre som endepunkter for de enkelte segmenter. De anatomiske omdrejningsakser og ledcentrene bestemmes efter metoderne givet af Davis et al (1991). Den generelle metode til at bestemme de anatomiske omdrejningsakser er baseret på opbygningen af et plan, i hvilket to anatomiske omdrejningsakser for et led indgår. Planet bestemmes udfra tre markører (se figur 5), der er placeret således, at længdeaksen af segmentet/knoglen er bestemt med to af markørerne, placeret ud for fleksionsakserne i hver ende af segmentet (markør I og II). Den sidste markør (III) benyttes sammen med længdeaksen af segmentet til at bestemme omdrejningsaksens retning. Det vil sige, at denne markør er placeret således, at den ortogonale vektor fra segmentets længdeakse til markøren er parallel med den anatomiske omdrejningsakse.



Figur 5: Placeringen af markørerne på et segment. A, B og C illustrerer de anatomiske omdrejnings akser af segmentet. \mathbf{b}_1 og \mathbf{b}_3 er parallelle med de anatomiske omdrejninger A og B. Omdrejnings akse C bestemmes som krydsproduktet af \mathbf{b}_1 og \mathbf{b}_3

De anatomiske omdrejningsakser bestemmes med formlerne 1 og 2, udfra markørplaceringen vist på figur 5.

Retningen af omdrejningsakse A bestemmes med vektor β_1 udfra marker I og II.

$$\bar{\mathbf{b}}_1 = II - I \quad (1)$$

Retningen af omdrejningsakse B bestemmes med vektor β_3 , der er en orthogonalisering af den normaliserede vektor fra markør III til midtpunktet af vektor β_1 (β_2).

$$\bar{b}_2 = \frac{I + II}{2} - III \quad (2)$$

$$\bar{b}_3 = \bar{b}_2 - \left(\bar{b}_2 \cdot \frac{\bar{b}_1}{|\bar{b}_1|} \right) \cdot \frac{\bar{b}_1}{|\bar{b}_1|}$$

Retningen af omdrejningsaksen C bestemmes nu som krydsproduktet af β_1 og β_3 . Enhedsnormalvektorerne E_{pA} , E_{pB} og E_{pC} bestemmes ved at normalisere retningsvektorerne for de anatomiske omdrejnings akser.

Containerens omdrejningsakser beregnes først. Herefter beregnes på samme måde omdrejningsakser for højre og venstre arms segmenter samt overkroppen/torsoen. Ud fra omdrejningsakserne og de antropometriske mål beregnes ledcentrene. Ledcentrene og de anatomiske aksers enhedsvektorer, bruges til at opstille anatomiske koordinatsystemer, i hvilke segmenternes bevægelser og momentpåvirkninger beskrives. Ledcenteret benyttes som translation af det anatomiske koordinatsystem i forhold til laboratoriets koordinatsystem. Enhedsvektorerne E_{pA} , E_{pB} og E_{pC} beskriver rotationen af det anatomiske koordinatsystem i forhold til laboratoriet (Davis et al. 1991).

Segmenternes vinkler i forhold til laboratoriets koordinatsystem bestemmes ved hjælp af Eulers vinkel teori (Davis et al. 1991). Vinklerne bestemmes som rotationsvinkler af segmenternes anatomiske koordinatsystemer i forhold til laboratoriets koordinatsystem eller i forhold til segmenterne indbyrdes. Vinklerne mellem tilstødende segmenters anatomiske koordinatsystemer giver information om fleksion/ekstension, abduktion/adduktion og rotationbevægelser i hænderne i forhold til containeren, håndleddene, albueleddene skulderleddene og overkroppen. Yderligere blev ganghastighed, igangsætningsvarighed og stop-varighed regnet ud Og containerens maksimale bevægelsesudslag ved tipping og gang målt. Det maksimale bevægelsesudslag blev målt i alle tre retninger og adderet for venstre og højre hånd i forhold til containeren, hånd, albue, skulder og overkrop.

2.6.2 Kinetiske beregninger

De målte kraft- og momentsignaler omregnes fra bit-værdier til kræfter og momenter givet i Newton (N) og Newton meter (Nm). For at synkronisere de kinetiske data med de kinematiske data nedsamples de kinetiske data med en faktor 10, således at disse er repræsenteret ved 50Hz.

De anatomiske koordinatsystemer for hver hånd blev defineret på følgende måde:

- 1) origo blev defineret håndleddets centrum dvs. som midtpunktet på håndleddets flexions/ekstensionsakse.
- 2) positiv x-retning: ulnar-radial retning
- 3) positiv y-retning: palmar retning
- 4) positiv z-retning: cranial retning

Således svarer rotationer og/eller momentpåvirkninger omkring a) x-aksen til håndleddets flexions/extension, b) omkring y-aksen til håndleddets radial-ulnar deviation og c) z-aksen

(svarende til en akse gennem 3 metacarpal knogle) til bevægelser og momenter omkring håndens længdeakse.

Rotationsmatricer samt translationer for transformationerne mellem krafttransducernes reference koordinatsystemer og hændernes reference koordinatsystemer blev bestemt og de målte kræfter og momenter blev transformeret til håndens koordinatsystem. De transformerede kræfter og momenter svarer til håndleddenes ledreaktionskræfter og ledmomenter, under den antagelse at hændernes bevægelser og accelerationer i forhold til containeren er små og derfor ikke bidrager signifikant til de reelle ledreaktionskræfter om ledmomenter. Spids-spids værdier af håndleddenes ledreaktionskræfter og ledmomenter blev målt og adderet for tipning af container-igansættelse, gang og stop for de otte konditioner.

2.6.3 Analyse af ubehagsintensitet

Middelværdier af intensiteten af ubehag blev regnet ud for hver enkelt kondition.

2.7 Statistik

Resultater er angivet som gennemsnitsværdier +/- standardafvigelse på målingerne. Trevejs-ANOVA med Student-Newman-Keuls (SNK) metoden for multiple comparisons var anvendt. $P < 0.05$ er betragtet som signifikant.

3. Resultater

Hermed rapporteres undersøgelsesresultater: gangparametere, maksimale belastninger omkring venstre og højre håndled samt maksimale bevægelsesudslag for container, venstre og højre armes håndled, albueled, skulderled og overkrop ved tipning af container, igangsættelse, gang og stop sammen med ubehag intensitet som opstår ved udførelse af skub- og trækarbejde med vandrette og lodrette håndtag.

3.1 Tipning af container og igangsættelse

3.1.1 Igangsætningsvarighed

Der var en signifikant forskel på igangsætningsvarigheden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=167.8$, $P<0.001$). Igangsætningsvarigheden var mindre for skubarbejde, dvs. 0.751 ± 0.01 s end den var for trækarbejde, dvs. 1.265 ± 0.01 s ($P<0.05$). Der var en tendens mod en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=3.62$, $P=0.06$).

3.1.2 Tipning af container

Der var en signifikant forskel på vinklen mellem vandrette og lodrette håndtag m.h.t. vipning af container ($F_{1,1}=73.78$, $P<0.001$). Vinklen var mindre med vandrette håndtag 28.52 ± 0.25 ° mod 33.28 ± 0.25 ° for lodrette håndtag ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=5.66$, $P=0.02$). For trækarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 27.86 ± 0.25 ° og lodrette håndtag, dvs. 35.32 ± 0.25 ° ($P<0.05$). For lodrette håndtag var der en signifikant forskel mellem skub, dvs. 35.35 ± 0.25 ° og trækarbejde, dvs. 38.72 ± 0.25 ° ($P<0.05$).

3.1.3 Belastninger ved tipning og igangsættelse

For højre håndleds samlede kræfter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=91.74$, $P<0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 110.48 ± 2.45 N end den var for trækarbejde, dvs. 204.46 ± 2.45 N ($P<0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=5.55$, $P=0.021$). Amplituden var mindre med lodrette håndtag 145.92 ± 2.45 N mod 169.02 ± 2.45 N for vandrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=36.37$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 127.89 ± 2.45 N mod 187.05 ± 2.45 N for en 240- liters container ($P<0.05$).

For venstre håndleds samlede kræfter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=44.43$, $P<0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 113.57 ± 2.46 N end den var for trækarbejde, dvs. 179.12 ± 2.46 N ($P<0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=42.5$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 114.28 ± 2.46 N mod 178.41 ± 2.46 N for en 240- liters container ($P<0.05$, Se tabel 3).

For højre håndleds samlede momenter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=108.55$, $P<0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 11.80 ± 0.47 Nm end den var for trækarbejde, dvs. 31.38 ± 0.47 Nm ($P<0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=64.59$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag 14.03 ± 0.47 Nm mod 29.14 ± 0.47 Nm for lodrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=16.71$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 17.75 ± 0.47 Nm mod 25.43 ± 0.47 Nm for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var også en tendens mod en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=3.39$, $P=0.069$), skub/trækarbejde og container type ($F_{1,1}=2.49$, $P=0.12$) og håndtagstype og container type ($F_{1,1}=2.87$, $P=0.094$).

For venstre håndleds samlede momenter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=59.35$, $P<0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 12.6 ± 0.47 Nm end den var for trækarbejde, dvs. 26.93 ± 0.47 Nm ($P<0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=88.93$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag 11 ± 0.47 Nm mod 28.53 ± 0.47 Nm for lodrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=15.09$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 16.15 ± 0.47 Nm mod 23.38 ± 0.47 Nm for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=5.55$, $P=0.021$). Ved skubarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 6.03 ± 0.66 Nm og lodrette håndtag, dvs. 19.18 ± 0.66 Nm ($P<0.05$). Ved trækarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 15.97 ± 0.66 Nm og lodrette håndtag, dvs. 37.88 ± 0.66 Nm ($P<0.05$). Der var også en tendens mod en signifikant interaktion mellem håndtagstype og container type ($F_{1,1}=2.84$, $P=0.096$, Se tabel 4).

3.2 Gang

3.2.1 Containerbevægelse

Der var en signifikant forskel på containervinklen omkring z-akse (container stabilitet) mellem skub- og trækarbejde ($F_{1,1}=47.32$, $P<0.001$). Vinklen var mindre med skubarbejde situation 3.08 ± 0.08 ° mod 5.32 ± 0.08 ° for trækarbejde ($P<0.05$).

3.2.2 Ganghastighed

Der er en tendens mod en signifikant forskel på ganghastigheden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=3.1$, $P=0.08$), og en signifikant forskel på ganghastigheden mellem container ($F_{1,1}=4.25$, $P=0.04$). Ganghastigheden var mindre med 240- liters container 0.820 ± 0.01 m/s mod 0.839 ± 0.01 m/s for 120- liters container ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=5.79$, $P=0.02$). For skubarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette og lodrette håndtag ($P<0.05$).

Hastighed (m/s)		120- liters	240- liters
Vandret	Skub	0.811+/-0.04	0.770+/-0.04
	Træk	0.936+/-0.03	0.853+/-0.03
Lodret	Skub	0.875+/-0.05	0.848+/-0.04
	Træk	0.875+/-0.03	0.815+/-0.02

Tabel 2: Ganghastighed (m/s) for de 8 konditioner (gennemsnitsværdier +/- SE).

For vandrette håndtag var der en signifikant forskel mellem skub og trækarbejde ($P < 0.05$, Se tabel 2).

3.2.3 Belastninger ved gang

For højre håndleds samlede kræfter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=5.89$, $P=0.017$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 137.99 ± 2.19 N end den var for trækarbejde, dvs. 159.29 ± 2.19 N ($P < 0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=5.91$, $P=0.017$). Amplituden var mindre med lodrette håndtag 137.97 ± 2.19 N mod 159.31 ± 2.19 N for vandrette håndtag ($P < 0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters containere ($F_{1,1}=42.76$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 119.94 ± 2.19 N mod 177.34 ± 2.19 N for en 240- liters container ($P < 0.05$).

For venstre håndleds samlede kræfter: Der var en tendens mod en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=2.32$, $P=0.13$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters containere ($F_{1,1}=60.01$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container $113.99.65 \pm 2.08$ N mod 178.39 ± 2.08 N for en 240- liters container ($P < 0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=4.88$, $P=0.03$, Se tabel 3).

For højre håndleds samlede momenter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=48.86$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 14.14 ± 0.37 Nm end den var for trækarbejde, dvs. 24.38 ± 0.37 Nm ($P < 0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=99.03$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag 11.97 ± 0.37 Nm mod 26.54 ± 0.37 Nm for lodrette håndtag ($P < 0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters containere ($F_{1,1}=30$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 15.25 ± 0.37 Nm mod 23.27 ± 0.37 Nm for en 240- liters container ($P < 0.05$). Der var også en signifikant interaktion mellem håndtagstype og container type ($F_{1,1}=11.43$, $P=0.001$). Ved vandrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters containere, dvs. 10.44 ± 0.52 Nm og 240- liters containere, dvs. 13.51 ± 0.52 Nm ($P < 0.05$). Ved lodrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters containere, dvs. 20.06 ± 0.52 Nm og 240- liters containere, dvs. 33.03 ± 0.52 Nm ($P < 0.05$).

For venstre håndleds samlede momenter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=14.52$, $P<0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 15.38 ± 0.45 Nm end den var for trækarbejde, dvs. 26.7 ± 0.45 Nm ($P<0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=79.01$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag 10.85 ± 0.45 Nm mod 26.7 ± 0.45 Nm for lodrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=22.23$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 14.57 ± 0.45 Nm mod 22.98 ± 0.45 Nm for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var også en signifikant interaktion mellem håndtagstype og container type ($F_{1,1}=8.67$, $P=0.004$). Ved vandrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters container, dvs. 9.27 ± 0.63 Nm og 240- liters container, dvs. 12.43 ± 0.63 Nm ($P<0.05$). Ved lodrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters container, dvs. 18.87 ± 0.63 Nm og 240- liters container, dvs. 33.52 ± 0.43 Nm ($P<0.05$, Se tabel 4).

3.3 Stop

3.3.1 Stop varighed

Der var en signifikant forskel på stop-varigheden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=7.7$, $P=0.007$). Stop-varigheden var mindre for trækarbejde, dvs. 1.345 ± 0.02 s end den var for skubarbejde, dvs. 1.607 ± 0.02 s ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=4.29$, $P=0.04$). For trækarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 1.462 ± 0.03 s og lodrette håndtag, dvs. 1.227 ± 0.03 s ($P<0.05$). For lodrette håndtag var der en signifikant forskel mellem skub, dvs. 1.685 ± 0.03 s og trækarbejde, dvs. 1.227 ± 0.03 s ($P<0.05$).

3.3.2 Belastninger ved stop

For højre håndleds samlede kræfter: Der var en tendens mod en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=2.55$, $P=0.12$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=39.22$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 81.65 ± 1.82 N mod 127.19 ± 1.82 N for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=5.19$, $P=0.025$). Ved trækarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 116.21 ± 2.57 N og lodrette håndtag, dvs. 88.05 ± 2.57 N ($P<0.05$). For venstre håndleds samlede kræfter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=40.07$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 79.19 ± 1.61 N mod 120.01 ± 1.61 N for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=4.85$, $P=0.031$). Ved trækarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 102.89 ± 2.28 N og lodrette håndtag, dvs. 87.5 ± 2.28 N ($P<0.05$). Der var også en signifikant interaktion mellem håndtagstype og container type ($F_{1,1}=4.85$, $P=0.031$, Se tabel 3).

Kræfter (N)	120- liters container				240- liters container			
	Lodret		Vandret		Lodret		Vandret	
	Skub	Træk	Skub	Træk	Skub	Træk	Skub	Træk
Ved tipning								
<i>Hånd</i>	70.5+/-7.4	158.9+/-12	90.2+/-6.5	193.4+/-15	140.1+/-15	214.1+/-16	147+/-14	256.3+/-18
<i>Vånd</i>	73.7+/-9.2	154.8+/-12	77.9+/-7.3	146.7+/-11	140.7+/-15	206.2+/-19	148.8+/-19	208.8+/-12
Ved gang								
<i>Hånd</i>	98.8+/-9.5	110.9+/-7.3	110.7+/-12	154.3+/-8.5	167.2+/-14	175+/-14	177.7+/-16	194.8+/-13
<i>Vånd</i>	110.5+/-11	101.2+/-3.8	114.1+/-11	125.8+/-5.3	187.1+/-20	160+/-14	170.2+/-11	196.4+/-7
Ved stop								
<i>Hånd</i>	74.6+/-6.1	71.4+/-7.9	87.3+/-8.7	95.8+/-9.4	143.8+/-8.2	104.7+/-12	120.6+/-10	136.3+/-14
<i>Vånd</i>	73.9+/-4.8	69+/-8.6	85+/-8.2	88.4+/-8.5	147+/-9.3	106+/-10	106.2+/-8	112.8+/-12

Tabel 3: Samlede spids-spids værdier (N) for venstre (V) og højre (H) håndleds kræfter for de 8 konditioner (gennemsnitsværdier +/- SE).

For højre håndleds samlede momenter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=38.07$, $P<0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 9.66 ± 0.3 Nm end den var for trækarbejde, dvs. 17.08 ± 0.3 Nm ($P<0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=91.86$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag 7.6 ± 0.3 Nm mod 19.13 ± 0.3 Nm for lodrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters containere ($F_{1,1}=22.95$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 10.49 ± 0.3 Nm mod 16.25 ± 0.3 Nm for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=7.86$, $P=0.006$). Ved skubarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 5.58 ± 0.43 Nm og lodrette håndtag, dvs. 13.74 ± 0.43 Nm ($P<0.05$). Ved trækarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 9.63 ± 0.43 Nm og lodrette håndtag, dvs. 24.53 ± 0.43 Nm ($P<0.05$). Der var også en signifikant interaktion mellem håndtagstype og container type ($F_{1,1}=8.3$, $P=0.005$). Ved vandrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters container, dvs. 6.46 ± 0.43 Nm og 240- liters container, dvs. 8.75 ± 0.43 Nm ($P<0.05$). Ved lodrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters container, dvs. 14.52 ± 0.43 Nm og 240- liters container, dvs. 23.75 ± 0.43 Nm ($P<0.05$).

For venstre håndleds samlede momenter: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=20.96$, $P<0.001$). Amplituden var mindre for skubarbejde, dvs. 10.72 ± 0.29 Nm end den var for trækarbejde, dvs. 16.06 ± 0.29 Nm ($P<0.05$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem vandrette og lodrette håndtag ($F_{1,1}=104.41$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag 7.43 ± 0.29 Nm mod 19.36 ± 0.29 Nm for lodrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters containere ($F_{1,1}=21.71$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 10.67 ± 0.29 Nm mod 16.11 ± 0.29 Nm for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem

håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=5.14$, $P=0.026$). Ved skubarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 6.08 ± 0.41 Nm og lodrette håndtag, dvs. 15.36 ± 0.41 Nm ($P<0.05$). Ved trækarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. 8.78 ± 0.41 Nm og lodrette håndtag, dvs. 23.35 ± 0.41 Nm ($P<0.05$). Der var også en signifikant interaktion mellem håndtagstype og container type ($F_{1,1}=16.94$, $P<0.001$). Ved vandrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters container, dvs. 7.11 ± 0.41 Nm og 240- liters container, dvs. 7.74 ± 0.41 Nm ($P<0.05$). Ved lodrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem 120- liters container, dvs. 14.23 ± 0.41 Nm og 240- liters container, dvs. 24.48 ± 0.41 Nm ($P<0.05$, Se tabel 4).

Moment (Nm)	120- liters container				240- liters container			
	Lodret		Vandret		Lodret		Vandret	
	Skub	Træk	Skub	Træk	Skub	Træk	Skub	Træk
Ved tipning								
<i>Hånd</i>	14.3 \pm 1.7	33.2 \pm 3.2	4.49 \pm 0.43	18.8 \pm 1.8	21 \pm 3.7	48.2 \pm 4	7.25 \pm 1.1	25.5 \pm 2.7
<i>Vhånd</i>	15 \pm 2.4	31.7 \pm 3	3.97 \pm 0.41	13.52 \pm 2.1	23.4 \pm 3.9	44.1 \pm 3.4	7.44 \pm 0.91	18.3 \pm 2.5
Ved gang								
<i>Hånd</i>	14.9 \pm 1.7	25.2 \pm 1.5	5.69 \pm 0.72	14.4 \pm 1.1	26.4 \pm 3.5	39.6 \pm 3.5	9.2 \pm 1.1	17.5 \pm 1.1
<i>Vhånd</i>	16.2 \pm 2	23.5 \pm 1.1	6.8 \pm 0.85	11 \pm 1.6	29.3 \pm 4.5	37.8 \pm 4.2	9.1 \pm 0.78	16.6 \pm 2
Ved stop								
<i>Hånd</i>	10.2 \pm 1.1	18.8 \pm 2.1	4.66 \pm 0.47	8.3 \pm 0.84	17.2 \pm 1.8	30.3 \pm 3.4	6.3 \pm 0.47	10.9 \pm 1.2
<i>Vhånd</i>	10.7 \pm 1.1	17.8 \pm 1.8	5.34 \pm 0.72	8.3 \pm 1.7	20 \pm 2.3	28.9 \pm 2.6	6.2 \pm 0.78	8.5 \pm 0.97

Tabel 4: Samlede spids-spids værdier (Nm) for venstre (V) og højre (H) håndleds momenter for de 8 konditioner (gennemsnitsværdier \pm SE).

3.4 Venstre og højre arme samt overkrop-bevægelse i 3D

3.4.1 Håndbevægelsernes amplituder i forhold til container i 3D

For højre hånd: Der er en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=4.9$, $P=0.03$). Amplituden var mindre med skubarbejde situation $112.21\pm 3.4^\circ$ mod $142.48\pm 3.4^\circ$ for trækarbejde ($P<0.05$). Der var også en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=12.1$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $103.58\pm 3.4^\circ$ mod $151.11\pm 3.4^\circ$ for lodrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=5.88$, $P=0.018$). Amplituden var mindre med en 120- liters container $110.78\pm 3.4^\circ$ mod $143.91\pm 3.4^\circ$ for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=4.04$, $P=0.048$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype, skub/trækarbejde og container størrelse ($F_{1,1}=7.41$, $P=0.008$). For vandrette håndtag og 240- liters container, var der en signifikant forskel mellem skub, dvs. $67.7\pm 6.9^\circ$ og trækarbejde dvs. $160.9\pm 6.9^\circ$ ($P<0.05$). For skubarbejde og 240- liters container, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. $67.7\pm 6.9^\circ$ og lodrette håndtag dvs. $188.8\pm 6.9^\circ$ ($P<0.05$).

For venstre hånd: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=12.1$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $112.28\pm 3.9^\circ$ mod $166.37\pm 3.9^\circ$ for lodrette håndtag ($P<0.05$). Der var en tendens mod en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=3.75$, $P=0.056$, Se tabel 5).

3D ROM (°)	120- liters container				240- liters container			
	Lodret		Vandret		Lodret		Vandret	
	Skub	Træk	Skub	Træk	Skub	Træk	Skub	Træk
Hhånd/cont	110.6+/-16.7	148.6+/-16.1	82.4+/-8.1	102.4+/-17.5	188.8+/-25.7	156.4+/-25	67.7+/-12.4	160.9+/-21.5
Vhånd/cont	149.3+/-16.3	151.3+/-23	100.2+/-18.5	119.4+/-20.3	208.1+/-28.6	156.8+/-32.2	85.6+/-8.3	134.4+/-15.9
Hhånd	145.6+/-17.1	126.8+/-7.8	100.4+/-8	84.2+/-19.8	156.5+/-20.1	122.6+/-9.4	118.9+/-8.1	152+/-21.59
Vhånd	169.6+/-15.2	147.5+/-10.7	109.2+/-11.5	115+/-14.5	183.2+/-19	148.4+/-13.2	116.1+/-9.4	135.3+/-25.5
Halbue	99+/-11.8	90.7+/-8.8	69+/-9.6	31.8+/-5.2	98.3+/-4.1	94.7+/-10	88+/-6.9	51.4+/-9.2
Valbue	163.9+/-46.8	103.6+/-9.1	68.9+/-9.1	45.2+/-5	123.2+/-11.3	126.5+/-15.9	93.5+/-13.3	63.4+/-7.1
Hskulder	82.3+/-15.2	44.5+/-7.6	52.8+/-7.1	37.1+/-6.2	58.8+/-8.5	75.6+/-19.2	53.2+/-6.6	58+/-7.5
Vskulder	79+/-6.4	116.8+/-15.9	53.3+/-5.2	62.2+/-5.9	92.2+/-6.5	121.4+/-19	68+/-3.8	81.5+/-7.9
Overkrop	46.2+/-6.7	61.8+/-9.5	37.4+/-3.5	46.6+/-4.5	61.1+/-11.6	67.2+/-9.6	43.6+/-4.7	59.4+/-7.1

Tabel 5: Samlede maksimale bevægelseudslag (°) for venstre (V) og højre (H) hånd i forhold til container, håndled, albueled, skulderled og overkroppe for de 8 konditioner (gennemsnitsværdier +/- SE).

3.4.2 Håndledsbevægelsernes amplituder i 3D

For højre hånd: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=4.24$, $P=0.043$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $115.24\pm 2.7^\circ$ mod $137.86\pm 2.7^\circ$ for lodrette håndtag ($P<0.05$). Der var også en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=4$, $P=0.049$). Amplituden var mindre med en 120- liters container $115.56\pm 2.7^\circ$ mod $137.53\pm 2.7^\circ$ for en 240- liters container ($P<0.05$). Der var en tendens mod en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=3.58$, $P=0.062$) og håndtagstype og container type ($F_{1,1}=2.87$, $P=0.094$).

For venstre hånd: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem håndtag ($F_{1,1}=13.5$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $119.69\pm 2.9^\circ$ mod $162.19\pm 2.9^\circ$ for lodrette håndtag ($P<0.05$). Der var en tendens mod en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=3.51$, $P=0.065$, Se tabel 5).

3.4.3 Albueledsbevægelsernes amplitude i 3D

For højre albue: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=10.95$, $P=0.01$). Amplituden var mindre med trækarbejde situation $66.59\pm 1.5^\circ$ mod $86.98\pm 1.5^\circ$ for skubarbejde ($P<0.05$). Der var også en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=37.61$, $P<0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $57.9\pm 1.5^\circ$ mod $95.67\pm 1.5^\circ$ for lodrette håndtag ($P<0.05$). Yderligere, var der en tendens mod en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=2.89$, $P=0.093$). Der var en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=5.46$, $P=0.022$). Ved skubarbejde, var der en signifikant forskel mellem vandrette, dvs. $75.28\pm 2.2^\circ$ og lodrette håndtag, dvs. $98.67\pm 2.2^\circ$ ($P<0.05$). Ved

vandrette håndtag, var der en signifikant forskel mellem skubarbejde, dvs. $75.28 \pm 2.2^\circ$ og trækarbejde, dvs. $40.51 \pm 2.2^\circ$ håndtag ($P < 0.05$).

For venstre albue: Der er en tendens mod en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=3.59$, $P=0.062$). Der var en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=24.1$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $63.41 \pm 3.4^\circ$ mod $129.29 \pm 3.4^\circ$ for lodrette håndtag ($P < 0.05$, Se tabel 5).

3.4.4 Skulderledsbevægelsernes amplituder i 3D

For højre skulder: Der var også en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=4.46$, $P=0.038$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $49.13 \pm 1.9^\circ$ mod $65.3 \pm 1.9^\circ$ for lodrette håndtag ($P < 0.05$). Der var en signifikant interaktion mellem container-type og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=5.99$, $P=0.017$).

For venstre skulder: Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=8.18$, $P=0.005$). Amplituden var mindre med skubarbejde situation $73.42 \pm 1.8^\circ$ mod $94.17 \pm 1.8^\circ$ for trækarbejde ($P < 0.05$). Der var også en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=26.19$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre med vandrette håndtag $65.24 \pm 1.8^\circ$ mod $102.35 \pm 1.8^\circ$ for lodrette håndtag ($P < 0.05$). Yderligere, var der en tendens mod en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=2.94$, $P=0.09$). Der var også en tendens mod en signifikant interaktion mellem håndtagstype og skub/trækarbejde ($F_{1,1}=3.09$, $P=0.083$, Se tabel 5).

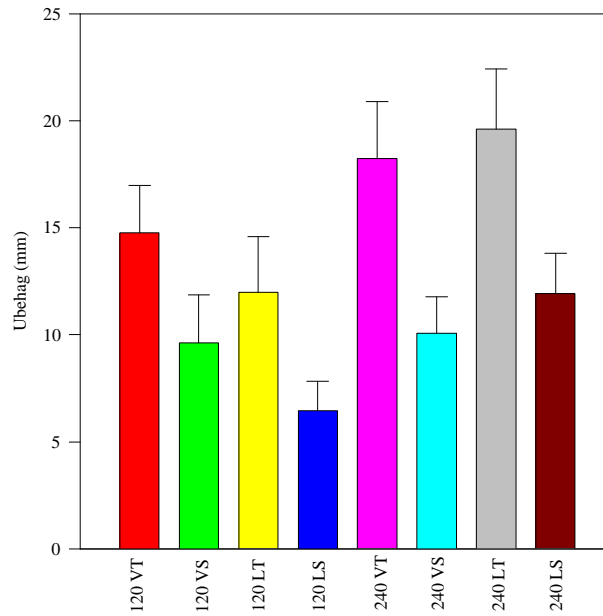
3.4.5 Overkroppens bevægelses amplitude i 3D

Der er en tendens mod en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skub arbejde ($F_{1,1}=3.67$, $P=0.059$), og en signifikant forskel på amplituden mellem håndtagene ($F_{1,1}=6.36$, $P=0.014$) for overkrop-bevægelser. Amplituden var mindre med vandrette håndtag $45.46 \pm 1.4^\circ$ mod $57.44 \pm 1.4^\circ$ for lodrette håndtag ($P < 0.05$). Yderligere, var der en tendens mod en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=3$, $P=0.09$, Se tabel 5).

3.5 Ubehagsintensitet

Der var en signifikant forskel på amplituden mellem træk- og skubarbejde ($F_{1,1}=17.7$, $P < 0.001$). Amplituden var mindre med skubarbejde situation 9.52 ± 0.4 mm mod 16.15 ± 0.4 mm for trækarbejde ($P < 0.05$). Der var også en signifikant forskel på amplituden mellem 120- liters og 240- liters container ($F_{1,1}=7.25$, $P < 0.008$). Amplituden var mindre med en 120- liters container 10.71 ± 0.4 mm mod 14.96 ± 0.4 mm for en 240- liters container ($P < 0.05$, se figuren 6)

Vurdering af håndtag og gribestilling pårenovationsbeholdere



Figuren 6: Ubehag (mm) +/- SE efter udførelsen af hver kondition. 120 står for 120- liters container, 240 står for 240- liters container, V for vandrette håndtag, L for lodrette håndtag, S for skubarbejde og T for trækarbejde.

4 Diskussion

Hermed diskuteres undersøgelsens resultater. Målemetoder og beregningsmetoder, muligheder og begrænsninger, belastninger ved tipping-igangsættelse, gang og stop, bevægelsesamplituder for venstre og højre arm og ubehagsintensitet.

4.1 Målemetoder og beregningsmetoder

4.1.1 Registrering

Denne undersøgelse er foretaget i dynamiske arbejdssituationer, dvs. træk- og skubarbejde med vandrette og lodrette håndtag for 2-hjuls 120- og 240-liters containere. De fleste undersøgelser rapporterer om kraftniveauet for begge hænder (Andres and Chaffin 1991, de Loose et al. 1995, Laursen and Schibye 1997, Schibye et al. 1997, de Loose et al. 2000). I disse undersøgelser bestod målingerne af kraft- og momentregistrering i tre planer for venstre og højre hånd. For at muliggøre dette blev containeren udstyret med et fastspændingsystem for vandrette og lodrette håndtag. De to fastspændingsystemer blev monteret således, at forsøgspersoner kunne gennemføre arbejdet, der lignede almindeligt 120- og 240-liters container skub- og trækarbejde med vandrette og lodrette håndtag (samme placering og udformning af håndtag). For at måle de otte konditioner var det dog nødvendigt at skifte sensorer og fastspændingsystemer. Disse udskiftninger var ret tidskrævende.

En tidligere undersøgelse har vist, at vægtplaceringen i containerne påvirker belastninger under udførelse af renovationsarbejde (Kingma et al. 2000). Belastningen (26,5 kg og 51,2 kg inkluderer beholder og sensorer ifølge en opgørelse fra R98) i containerne blev placeret, således tyngdepunktet befandt sig ca. midt i containerne. De konstruerede monteringsystemer samt sensorer fungerede fint og kan bruges til fremtidige undersøgelser af f.eks. måling af en hånd skub- eller trækarbejde og belastningsmålinger af kørsel over kantsten.

Forsøgspersonerne brugte begge hænder og den dominerende fod til at tippe containeren samt stille den tilbage. Derved blev målingerne vel-standardiserede, således de testede situationer kunne sammenlignes fra person til person.

4.1.2 Beregningsmetoder

Synkronisering af kraft- og bevægelsesmålinger i tre retninger muliggør en dynamisk 3D biomekanisk analyse af de testede situationer. Denne undersøgelse er den første, der kombinerer 3D kinetiske og kinematiske registreringer. Pilotforsøgsregistreringerne har vist, at skub- eller trækarbejde med vandrette og lodrette håndtag ikke kunne analyseres med nøjagtighed med en 2D analyse. Dvs. skub- eller trækarbejde indeholder bevægelser i tre planer.

Tidligere undersøgelser har belyst kompressionsmomenter omkring L4/L5 eller L5/S1 og skulder-belastning (de Loose et al. 1995, Laursen and Schibye 1997, Schibye et al. 1997, de

Loose et al. 2000). Kompressionskraften i lænderyggen har generelt vist sig at være små og under det amerikanske arbejdsmiljøinstituts acceptgrænse på 3400 N (Waters et al. 1993). De mekaniske belastningsniveauer omkring overkroppen er stadig ukendte hos renovationsarbejdere. Derfor var det oplagt at beregne belastninger og bevægelser af venstre og højre hånd ved skub- og trækarbejde.

Generelt er de anvendte metoder brugt til at lave ganganalyse (Winter 1990, Davis et al. 1991). På grund af de komplekse og vanskelige beregninger er en komplet 3D biomekanisk analyse sjældent lavet. Formålet med at bruge den inverse løsning er, at få information om bevægelsernes kinetik, og dermed information om, hvordan musklernes kræfter skaber bevægelserne af kroppen. En kinetisk analyse giver information om belastningerne på bevægeapparatet, herunder skadelige belastningskoncentrationer.

Det blev valgt at benytte link-segment modellen, da denne kan benyttes til en 3-D beskrivelse af kroppen. Overekstremiteterne er modelleret med 7 segmenter. Et segment for hver hånd, underarm og overarm. Derudover modelleres overkroppen med et segment. Link-segment modellen er valgt, fordi den giver en forholdsvis præcis model af kroppen. Modellens svagheder skyldes at segmenterne antages at være stive legemer, leddene er kugleled.

I bestemmelsen af de anatomiske koordinatsystemer for et segment, bliver der benyttet tre markører på segmentet. Markørerne placeres på huden. Koordinatsystemerne bestemmes for hænderne, albuerne, skulderne og overkroppen, hvorefter de projekteres ind til ledcentret. En unøjagtig bestemmelse af ledcentrene vil påvirke fleksion/ekstensionsledvinklerne og abduktions/adduktionsledvinklerne. Bestemmelsen af de anatomiske koordinatsystemer er afhængige af markørernes placering. Der er for markørerne tre faktorer, der kan give forkerte data: 1) fejlplacering af markørerne, 2) ændringer af markørernes relative placeringer og 3) fejl ved manuel "tracking" af videosignalet. Mulige markørfejl blev minimeret ved at fæstne markørerne på et stramt tapeunderlag, hvilke nedsætter uønskede markørbevægelser. Desuden blev kameraerne grundigt justeret for optimal registrering af markører.

Ledreaktionskraften bestemmes ved brug af standardmetoder (Davis et al. 1991). Det blev antydnet at hændernes bevægelser og accelerationer i forhold til containeren er små og derfor ikke bidrager signifikant til de reelle ledreaktionskræfter og ledmomenter. Alle beregninger af håndleddenes ledreaktionskræfter og ledmomenter kan foretages i det globale koordinatsystem, og dermed skal der ikke foretages en transformation til de anatomiske koordinatsystemer under beregningerne.

Kinematiske data blev brugt for at måle igangsætningsvarigheden, ganghastigheden og stopvarigheden. Det går 20 ms i mellem to billeder. Denne fejl anses for negligerbar.

En sekvens optaget i laboratoriet benyttes ikke hvis der forefindes mange falske markører. Falske markører er 3-D koordinater der er "fundet" af systemet, men som ikke repræsenterer markører på forsøgspersonen eller container. Endelig benyttes sekvensen ikke såfremt en eller flere markører ikke kan detekteres over en lang periode.

Konklusionen er, at 3D belastninger af venstre og højre hånd samt 3D bevægelser for container, venstre og højre arm, hånd, albue, skulder og overkrop kan måles med de

anvendte metoder. For at opnå fuld forståelse af kinetikken og kinematikken bag dynamisk renovationsarbejde bør 3D biomekanisk analyse anvendes.

4.2 Belastninger ved tipning-igangsættelse, gang og stop

Belastningsniveauet er en kendt risikofaktor for udvikling af arbejdsrelateret muskulært besvær og senelidelser (Sommerich et al. 1993).

De lave belastninger observeret i denne undersøgelse støtter den iagttagelse, at en ændring fra løft/bære til skub/træk nedstætter belastningsniveauet (de Loose et al. 1995, Schibye et al. 1997). Kompressionsmomenter omkring L4/L5 eller L5/S1 og skulder-belastning ved renovationsarbejde har generelt vist sig at være små og under det amerikanske arbejdsmiljøinstituts acceptgrænse (de Loose et al. 1995, Laursen and Schibye 1997, Schibye et al. 1997, de Loose et al. 2000). I de undersøgte situationer var de målte dynamiske maksimumsbelastninger ved venstre og højre hånd også ret lave (omkring 10 Nm for spids-spids værdier) og sandsynligvis under et skadeligt niveau. Det blev dog ikke beregnet albueleddenes og skulderleddenes ledreaktionskræfter og ledmomenter, idet når hændernes og håndleddenes belastningsniveauer er lave vil resultatet blive det same for albuer og skuldre.

Der blev alligevel observeret at belastningerne varierede mellem tipning af container-igangsættelse, gang og stop. De største spids-spids værdier var under tipning af container, igangsættelse for trækarbejde og under gang for skubarbejde. Belastningerne var mindst under stop fasen, idet forsøgspersonerne skulle stille containeren tilbage på gulvet.

Analysen af håndleddenes ledreaktionskræfter og ledmomenter viste, at belastningen ved tipning-igangsættelse, gang og stop var større for venstre og højre side med lodrette håndtag end med vandrette håndtag. Overstående gælder også for trækarbejde i forhold til skubarbejde og 240-liters container i forhold til 120-liters containere.

Derudover er belastningerne, som opnås ved renovationsarbejde (vandrette og lodrette håndtag, 120- og 240-liters containere og skub- og trækarbejde), stort set symetriske ved gang og stop faser hvor belastningerne er mere asymetriske ved tipning-igangsætning fasen (se tabel 4).

De forskelle vi afrapporterer imellem de otte målte situationer har alligevel en betydning: forskellen i belastningsniveau imellem vandrette og lodrette håndtag udtrykker også indflydelsen af gribehøjden. Gribehøjden påvirker også kræftretningerne (de Loose et al. 2000, Kingma et al. 2000). Gribehøjden var større ved lodrette håndtag og uden de optimale værdier (mellem 910 og 1140 mm) foreslået af Ayoub og McDaniel (1974). Belastningen er naturligvis øget ved 240-liters containere. Yderligere, medfører trækarbejde større belastning. Det skal tilføjes at vipning af container med lodrette håndtag samt med trækarbejde ikke er særlig repræsentativ for dagligt renovationsarbejde.

Alt i alt har analysen af de testede situationer vist, at den samlede spids-spids værdier af håndleddenes ledmomenter opnået under renovationsarbejde er større for lodrette håndtag, trækarbejde og 2-hjuls 240-liters containere i forhold til vandrette håndtag, skubarbejde og 2-hjuls 120-liters containere. Det skal bemærkes at de målte belastningsniveauer generelt var lave. Desuden er det ikke muligt ud fra denne undersøgelse

at vurdere om effekten af lodrette håndtag er et udtryk for en ændring fra vandrette til lodrette håndtag eller om det er et udtryk for en ændring i håndtagshøjden alene.

4.3 Bevægelsesamplituder i 3D

Gentaget bevægelser betragtes også som risikofaktor (Sommerich et al. 1993). Relativt få ergonomiske undersøgelser har anvendt 3D biomekaniske analyser for at vurdere bevægelsesamplituden i tre planer, selvom de fleste arbejdssituationer indeholder 3D bevægelser (Madeleine et al. 1999).

Analysen af containerbevægelsen viste, at amplituden ved tipning af containeren var større med lodrette håndtag end med vandrette håndtag. Kingma et al. (2000) rapporterer lignende resultater. Større amplitude ved tipning af containeren (lodrette håndtag) medfører større bevægelsesamplitude og større belastningsniveau. Under gang var det svære for forsøgspersonerne at gå lige i forbindelse med trækarbejde i forhold til skubarbejde.

For venstre og højre arm førte analysen til følgende resultater. Bevægelser, som opnås ved renovationsarbejde (vandrette og lodrette håndtag, 120- og 240-liters containere og skub- og trækarbejde), er asymmetriske. Der er netop forskel på bevægelsesamplituden i venstre og højre side (se tabel 5), og derfor bør venstre og højre arm analyseres separat. Dette understreger at de eksisterer flere biomekaniske løsninger for en samme arbejdstask, dvs. at den samme standardiseret arbejdsproces kan udføres på forskellige måde.

Desuden har håndtagstypen og gribehøjden stor betydning for bevægelsesamplituden. For venstre og højre hånd i forhold til container, hånd, albue og skulder var bevægelsesamplituden større for lodrette håndtag i forhold til vandrette håndtag. Derudover var containertipnings-amplituden større for lodrette håndtag i forhold til vandrette håndtag.

Containerstørrelsen har også betydning, men i mindre grad - højre hånd i forhold til container og højre håndsbevægelsesamplitude samt ubehagsintensitet var større for to-hjuls 240-liters containere i forhold til to-hjuls 120-liters container.

Betydningen af skub- eller trækarbejde var ikke entydig. Trækarbejde førte til større bevægelsesamplitude for højre hånd i forhold til container, og skubarbejde førte til større bevægelsesamplitude for venstre skulder, mens det var omvendt for venstre og højre albue.

Arbejdsstillingen har også indflydelse på udvikling af arbejdsrelateret muskulært besvær. Overkropsstillingen blev også påvirket af skub- eller trækarbejde, håndtagstype og container-type. Overkrops-amplituden var større for trækarbejde, lodrette håndtag og to-hjuls 240-liters containere.

De ændringer vi afrapporterer m.h.t. bevægelsesaktivitet og belastningsniveau peger i den samme retning mht. forskel mellem håndtagstype, arbejdstype og container type.

Alt i alt har analysen af de testede situationer vist, at den samlede bevægelsesamplitude og bevægelsesstilling opnået under renovationsarbejde er større for lodrette håndtag og i mindre grad for 2-hjuls 240-liters containere.

4.4 Ubehagsintensitet

Ubehagsintensitet er også en vigtig parameter, som beskriver komfort under udførelse af renovationsarbejde. Psykologiske faktorer har også indflydelse på udvikling af muskulært besvær.

Resultaterne viste, at der opstod større ubehagsintensitet ved at håndtere 240-liters containere i forhold til 120-liters containere og ved trækarbejde i forhold til skubarbejde. Dette understreger belastningsniveauets og arbejdstypens betydning for komfort.

5 Konklusion

Sammenfattende er de vigtigste fund i denne undersøgelse:

❶ Vandrette håndtag i forhold til lodrette håndtag

Med brug af vandrette håndtag målttes: mindre tipningsamplitude af containere, mindre belastning for venstre og højre håndled, mindre bevægelsesamplitude ved venstre og højre hånd i forhold til containere, venstre og højre hånd, venstre og højre albue, venstre og højre skulder og overkrop.

❷ To-hjuls 120-liters containere i forhold til 2-hjuls 240-liters containere

Med brug af to-hjuls 120-liters containere målttes: Større ganghastighed, mindre belastning for venstre og højre håndled, mindre bevægelsesamplitude ved højre hånd i forhold til containere, højre hånd og mindre ubehagsintensitet.

❸ Skubarbejde i forhold til trækarbejde

Ved skubarbejde målttes: Kortere varighed af tipning- igangsættelse, mindre containerstabilitet, mindre belastning for venstre og højre håndled, mindre bevægelsesamplitude ved højre hånd i forhold til containere, venstre skulder og mindre ubehagsintensitet.

Ved skubarbejde målttes også: Længere stop-varighed, større bevægelsesamplitude ved venstre og højre albue.

Disse resultater peger i retning af, at håndtagstypen har betydning for bevægelsesaktiviteten og belastningsniveauet under standardiseret renovationsarbejde, dvs. større bevægelsesaktivitet og større belastning med lodrette håndtag i forhold til vandrette håndtag. Container-størrelsen har også indflydelse men i mindre grad, idet vi observerede både en øget bevægelsesaktivitet og en øget belastning med en 240-liters container i forhold til en 120-liters container. Arbejdstypens betydning er mindre klarlagt, selvom belastningen var mindre for skubarbejde i forhold til trækarbejde. Det skal tilføjes at de målte belastningsniveauer ved venstre og højre håndled generelt var lave. Derudover er det umuligt ud fra denne undersøgelse at adskille effekter af håndtagstypen eller gribehøjden.

Et andet vigtigt fund er, at renovationsarbejde er asymmetrisk (dvs. forskellig for venstre og højre side), idet bevægelsesaktiviteten var forskellig for venstre og højre side mens belastningsniveauerne var nogenlunde ens.

Det er kendt, at øget bevægelsesamplitude og øget belastningsniveau kan give anledning til arbejdsrelateret muskulært besvær. Derfor kan man diskutere om lodrette håndtag vil have en positiv effekt. På den anden side vil variationer i udførelsen af arbejdet, dvs. skiften

mellem brug af lodrette og vandrette håndtag muligvis have en positiv betydning i form af reduceret risiko for udvikling af arbejdsrelateret muskulært besvær.

På grund af de generelt lave belastninger peger denne undersøgelse ikke i retning af at arbejde udført under standardiserede forhold med enten vandrette eller lodrette håndtag (under de målte konditioner) belaster bevægeapparatet på niveauer der er skadelige. Andre faktorer som:

- 5) rykviske træk- og skubbevægelser på grund af højt arbejdstempo
- 6) ujævne underlag, kantsten og lignende
- 7) træk og skub med én hånd
- 8) træk og skubbevægelser, der medfører vridmomenter mellem torsoens længdeakse og containerens tyngdepunkt.

synes potentielt at være mere betydende risikofaktorer, idet disse faktorer ud fra et biomekanisk synspunkt må give højere spidsbelastninger.

Endelig skal det bemærkes at denne undersøgelse har været begrænset til sammenligning af vandrette mod lodrette håndtag (med forskellige gribehøjde) ved skub- og trækarbejde med to-hjuls 120- og 240-liters containere under standardiseret renovationsarbejde. Yderligere spiller tidsaspekter som gentagelse af arbejdscyklus en rolle, der ikke er vurderet i denne undersøgelse.

6. Referencer

- Andres RO, Chaffin DB. Validation of a biodynamic model of pushing and pulling. *J Biomech.* 24: 1033-1045, 1991.
- Ayoub MM, Mc Daniel JW. Effect of operator stance on pushing and pulling tasks. *AIIE Transactions.* 6:185-195, 1974.
- Davis RB, Öunpuu S, Tyburski D, gage JR. A gait analysis collection and reduction technique. *Hum. Mvt. Sci.* 10: 575-587, 1991.
- de Looze MP, Stassen AR, Markslag AM, Borst MJ, Wooning MM, Toussaint HM. Mechanical loading on the low back in three methods of refuse collecting. *Ergonomics.* 38: 1993-2006, 1995.
- de Looze MP, van Greuningen K, Rebel J, Kingma I, Kuijer PP. Force direction and physical load in dynamic pushing and pulling. *Ergonomics.* 43: 377-390, 2000.
- Hoozemans MJ, van der Beek AJ, Frings-Dresen MH, van Dijk FJ, van der Woude LH. Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors. *Ergonomics.* 41: 757-781, 1998.
- Kingma I, Kuijer, PFM, Hoozemans MJ, van Dieen JH, van der Beek A, Frings-Dresen MHW. Effect of center of mass and handle location of two-wheeled refuse containers on mechanical loading. *IEA 2000,* 2000.
- Laursen B, Schibye B. Underlagets betydning for den mekaniske belastning af kroppen ved skub og træk af 2 hjuls containere. *Arbejds miljøinstituttet.* 17, 1-39. 1997. København.
- Madeleine P, Lundager B, Voigt M, Arendt-Nielsen L. Shoulder muscle co-ordination under chronic and acute neck-shoulder pain. An occupational pain study. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Health.* 79:127-140, 1999.
- Okunribido OO, Haslegrave CM. Effect of handle design for cylinder trolleys. *Appl.Ergon.* 30: 407-419, 1999.
- Resnick ML, Chaffin DB. Kinematics, kinetics, and psychophysical perceptions in symmetric and twisting pushing and pulling tasks. *Hum.Factors.* 38: 114-129, 1996.
- Schibye B, Martinsen D, Søgaard K. Mekanisk belastning af kroppen ved træk og skub af containere og løft af spande og sække. *Arbejds miljøinstituttet.* 12, 1-66. 1997. København.
- Sommerich CM, Mc Glothin J, Marras WS. Occupational risk factors associated with soft tissue disorders of the shoulder: a review of recent investigations in the literature. *Ergonomics* 36:697-717, 1993.
- Walters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics.* 36:749-776, 1993.
- Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement.* 2nd edn. Wiley Interscience Publication, New York, 1990.