

Slutredovisning av projektet:

Tvättning av svinstallar utan respektive efter robottvätt - en utvärdering av luftvägspåverkan och ergonomisk belastning. Projnr V0535087

Stiftelsen Lantbruksforskning; FoU-program för en god arbetsmiljö

Docent, läkare Lena Palmberg, Lung- och allergigruppen, IMM, Karolinska Institutet

Bakgrund

Grisbönder har enligt epidemiologiska studier ökad sjuklighet i luftvägarna. Främst drabbas de av kronisk bronkit, men även kroniskt obstruktiv lungsjukdom förekommer i ökad omfattning.

Tvättning av grisstallar med högtryckstvätt efter avslutad uppfödningssperiod är ett av de mest besvärande arbetena i grisproduktionen. Arbetet är tungt och smutsigt och grissköterna anser själva att detta arbetsmoment ger upphov till luftvägsbesvär. Det är ett arbetsmoment som är förknippat med långa arbetsdagar och tar ofta flera dagar i anspråk. I luften virvlar damm, aerosoler och bioaerosoler. Den fuktiga luften försvårar användning av andningsskydd och den uppkomna aerosolen bidrar troligen till en ökad deponering i lungorna. På lång sikt kan kroniska luftvägsbesvär som drabbar grisuppfödare uppkomma och den ergonomiska belastningen kan ge besvär i rörelseapparaten och därmed orsaka sjukfrånvaro och nedsatt arbetsförmåga.

I en tidigare studie har vi studerat effekten av grisstallsrengöring, där 16 friska försökspersoner exponerades i 3 timmar i samband med högtryckstvätt efter slutförd uppfödningssperiod (Larsson et al, 2002). I detta försök var 7 av 16 försökspersoner utrustade med en halvmask med partikelfilter av klass P3, vilket enligt tillverkaren filtrerar bort alla partiklar ner till virusstorlek, dock kan gaser passera. Denna studie visade att den bronkiella reaktiviteten ökade i samma omfattning hos försökspersoner utan mask, som försökspersonerna fick efter vägning av grisar i 3 timmar. Detta trots att exponeringen för inhalerbart damm var 20 ggr lägre vid grisstallsrengöringen. Att notera är dock att fraktionen respirabelt damm var i samma storleksordning vid högtryckstvätt, som vid vägning av grisar. Detta skulle kunna tala för att det är något i den respirabla fraktionen som är orsaken till den bronkiella reaktivitetsökningen och att denna relativt sett ökar vid högtryckstvätt på grund av att större partiklar slås sönder av vattenstrålen. Denna studie visade också överraskande nog att det inflammatoriska svaret visserligen reducerades hos personer med andningsskydd, men att en ökad bronkiell reaktivitet fortfarande kunde påvisas efter exponering.

Exponeringen för ergonomisk belastning i samband med grisstallsrengöring är betydande; operatören måste hela tiden hålla emot reaktionskraften från handdonet och parera förändringar i det. Det ger en hög och ofta statisk belastning, framför allt i skulder-, arm- och handregionerna (Kristiansson, 1998; Arbetskyddsstyrelsen, 1994). Arbete med händerna över axelhöjd förekommer när bland annat taket tvättas, en arbetsställning som i möjligaste mån bör undvikas (Arbetskyddsstyrelsen, 1998). Arbete med överarmen abducerad mer än 30° har visats innebära en överrisk för skulderbesvär (Kilbom m.fl., 1986; Björing & Hägg, 1996). Studier av ergonomisk belastning vid högtryckstvättning är fåtaliga, där endast en sådan lokaliserats vilken genomförts vid Wageningen UR i Nederländerna. Där har effekterna av några förbättringar i högtryckstvättutrustning studerats. De har mätt vibrationer i handtaget samt muskelaktivitet hos valda muskler i arm- och skulderregionen vid manuell tvättning. I studien har olika kombinationer av munstycken, handtag, spolrör och ackumulator i pumpenheten jämförts. Studierna har dock gjorts i laboratorium, och försökspersonerna har endast fått tvätta ett golv och en vägg (Roelofs, pers. medd., 2004).

En av de stora nyheterna när det gäller tvättning av grisstallar är användning av en tvättrrobot, som introducerades på marknaden för ett antal år sedan. Den kan reducera tiden för det manuella tvättarbetet med upp till ca 75 % (Pedersen & Kai, 1998; Larsson, 2000). En

manuell eftertvätt av vissa områden måste dock fortfarande ske. Den minskade exponeringstiden utgör sannolikt en förbättring vad gäller besvären så väl i luftvägarna som i rörelseorganen. Däremot saknas kunskap om exponeringen skiljer sig åt vid tvättning efter tvättroboten jämfört med manuell tvättning utan föregående tvättning av tvättrobot. Å ena sidan kan exponeringen för luftvägsretande ämnen och belastning minska ännu mer om det är så att roboten tvättar bort den besvärligaste smutsen. Å andra sidan kan belastningen vara fortsatt hög om det är den mest oåtkomliga smutsen som tvättroboten lämnar. Tvättroboten kan ha slagit sönder större partiklar vilket leder till en högre andel respirabelt damm som i sin tur kan leda till ökad deponering i de nedre luftvägarna.

Mot bakgrund av att införandet av en tvättrobot skulle kunna innebära arbetsmiljövinster både på luftvägssidan och den ergonomiska belastningen har IMM och JTI genomfört ett gemensamt projekt för att studera den inflammatoriska reaktionen i luftvägarna respektive exponeringen för ergonomisk belastning. Projektet utfördes samtidigt på samma gård och under samma förhållanden.

Frågeställning

Syftet med denna studie var att utvärdera skillnaden i uppkomna inflammatoriska reaktioner i luftvägarna vid manuell högtryckstvättning av grisboxar jämfört med manuell högtryckstvättning som görs efter att roboten har tvättat. Detta för att se om man, utöver tidsvinsten, även reducerar den luftvägsirriterande effekten vid högtryckstvätt, när stallet förtvättats med en robot.

Vidare syftade den ingående ergonomiska pilotstudien till att kvantifiera skillnaden i exponering för ergonomisk belastning vid manuell högtryckstvättning utan respektive efter robottvättning. Avsikten var att bedöma om man utöver tidsvinsten reducerade exponeringen för belastning ytterligare. Avsikten var också att avgöra möjligheterna för att gå vidare med en framtida fullskalestudie utifrån de i denna studie erhållna resultaten och gjorda erfarenheterna.

Material och metoder

Luftvägsstudien

Tolv friska försökspersoner exponerades under 3 timmar i samband med rengörning av grisstall med högtryckstvätt, med eller utan föregående tvättning med robot i en cross-over design. Den inflammatoriska reaktionen studerades i nässköljväska (nasalt lavage) och i blod. I dessa vätskor utfördes analys av cellsvar och frisättning av olika inflammatoriska mediatorer med hjälp av flödescytometrisk- och Elisametodik. Känsligheten i luftvägarna bedömdes med bronkialprovokation med metakolin. Försökspersonerna genomgick även lungfunktionsundersökning och NO i utandningsluft mättes. Registrering av subjektiva symtom skedde med enkätundersökning, där symtomen skattades enligt en visuell analog skala (VAS) graderad från 0 till 100. Samtliga undersökningar genomfördes före och 7 timmar efter starten av de båda exponeringarna varvid försökspersonerna utgör sina egna kontroller. Exponeringsmätningar skedde med traditionell provtagningsmetodik med IOM-hållare och cykloner med hjälp av personburna pumpar. Halten inhalerbart respektive respirabelt damm och halten endotoxin i dessa fraktioner bestämdes och relaterades till uppkomna besvär.

Ergonomisk utvärdering

Två försökspersoner utförde manuell tvättning utan föregående tvättning med robot och efter föregående tvättning med robot. Försökspersonerna var anställd personal vid jordbruksföretaget, d v s den ergonomiska delen var av pilotkaraktär. Försökspersonerna var fullt friska och hade inga besvär i det muskuloskeletala systemet, vilket kontrollerades med Nordiska ministerrådets frågeformulär för muskuloskeletala besvär (Kuorinka m.fl., 1987).

Exponering för ergonomisk belastning bedömdes för ryggflexion, överarmsabduktion och flexion, armbågsflexion samt arbete med händerna över axelhöjd. Dessutom mättes den kardiovaskulära belastningen. Handledsdeviation, -flexion/extension, -rotation och handens grepp studerades inte i detta projekt eftersom händerna är låsta vid att hålla spolrör och spolhandtag vid tvättning. Dessa karakteriseras bättre med hjälp av att mäta muskelaktiviteten, något som redan utförts vid Wageningen UR i Nederländerna (Roelofs, pers. medd., 2004).

Ryggflexion och armbågsflexion i båda armbågarna mättes med elektrogoniometrar (Biometrics Ltd). Överarmens abduktion och flexion mättes med egenhändigt tillverkade givare som registrerade tillslag i fördefinierade vinklar. Givarna monterades på överarmen så att de gav utslag när överarmen hölls abducerad mer än 30° respektive flekterad mer än 30°. När överarmen hölls antingen abducerad eller flekterad mer än 30° antogs händerna vara över axelhöjd och därför gjordes ingen vidare analys av arbete med händerna över axelhöjd. I databearbetningen delades ledvinklarna in i grönt, gult respektive rött område (Tabell 1) utifrån Björing & Hägg (1996) och Arbetskyddsstyrelsen (1998). De tre timmar som arbetet utfördes och som utgjorde exponeringstiden i luftvägsstudien användes för databearbetningen. Tiden som respektive led hölls inom respektive definierat område summerades. Den procentuella förändringen av varje led utan respektive efter robottvätt beräknades för varje försöksperson. Den kardiovaskulära belastningen på hela kroppen registrerades genom att mäta hjärtfrekvensen under hela arbetet. Den uppmätta hjärtfrekvensen relaterades till individen genom ett s.k. cykelergometertest (Andersson et al., 2005), och den kardiovaskulära belastningen vid arbete beräknades.

Tabell 1. Indelningen av ledvinklar i grönt, gult och rött område inför analysen.

Led	Grönt område	Gult område	Rött område
Ryggflexion	< 20°	30° - 60°	> 60°
Armbågsflexion	45° - 135°	<45° respektive >135°	
Överarm			
Flexion	< 30°		> 30°
Abduktion	< 30°		> 30°

Fältstudie

Försöken genomfördes vid Uppig AB, som har ett flertal parallella uppfödningsskiffer av samma storlek och företaget använder en robot för att tvätta stallarna. Roboten programmerades av RamstaRobotics AB inför dessa försök. Vid tvättning utan föregående robottvätt blötlades avdelningen föregående dag med vattenspridare, enligt praxis när robot inte finns att tillgå. Vid tvättning efter robottvätt blötlades avdelningen dagen innan av roboten, och tvättades därefter under natten av roboten. Vattenförbrukningen vid tvättningen registrerades med vattenmätare. Det var också viktigt att den manuella högtryckstvättningen utfördes med samma noggrannhet utan föregående tvättning av roboten som efter föregående tvättning av roboten. I detta projekt registrerades personerna under faktiskt arbete och det förutsattes att de arbetade med samma noggrannhet oavsett om de tvättade utan föregående tvätt eller efter tvättroboten.

Statistik

Resultaten presenteras som individuella värden med medianvärdet indikerad som en horisontell linje förutom lungfunktionsdata som presenteras som medelvärde and 95% konfidensintervall. Jämförelser gjordes med Friedmans test följt av Wilcoxon Signed Rank test eller med ANOVA (upprepade mätningar) följt av Students t-test för parade mätningar som eftertest. Signifikanta förändringar av exponeringen jämfört med förvärdet indikeras med

stjärnor och signifikanta skillnader mellan de 2 exponeringarna redovisas med ett absolut p-värde i figurerna.

Resultat

Luftvägsstudien

Exponering

Signifikant lägre halter inhalerbart damm registrerades när stallet förtvättats med robot jämfört med utan (Figur 1). Likaså var endotoxinhalterna signifikant lägre i både inhalerbart och respirabelt damm efter robottvätt jämfört med utan föregående robottvätt.

Symtom

Frysningar ökade efter båda exponeringarna och ingen skillnad mellan exponeringarna påvisades. Hosta och trånghets känsla i bröstet ökade signifikant mer efter exponeringen utan förtvätt med robot.

Lungfunktion och bronkiell reaktivitet

Båda exponeringarna ledde till en signifikant sänkning av PEF (Peak Expiratory Flow) ($P < 0.01$), men ingen skillnad mellan de båda exponeringarna noterades (tabell 2). Den bronkiella reaktionen (mätt som PD_{20FEV1}) ökade signifikant enbart efter exponeringen utan förtvätt med robot, dock påvisades ingen signifikant skillnad mellan de båda exponeringarna. Vid jämförelse av lutningarna på dos-responskurvorna, förelåg det en signifikant skillnad efter exponering utan robottvätt och denna skillnad var signifikant större jämfört med exponeringen efter förtvätt med robot.

Kväveoxid i utandningsluft

Kväveoxid i utandningsluft låg signifikant högre efter exponeringen utan förtvätt med robot (Figur 2).

Nässköljväska

Efter exponering efter förtvätt med robot fördubblades antalet celler i nässköljväska och efter exponering utan förtvätt med robot ökade antalet celler 5 gånger, vilket var signifikant mer än efter robottvätt ($P < 0.01$) (Figur 3a). Inga förändringar i IL-6 halt i nässköljväska sågs efter de båda exponeringstillfällena (Figur 3b). IL-8 ökade enbart signifikant efter tvätt utan förtvätt med robot och signifikant mer jämfört med efter förtvätt med robot (Figur 3c).

Blod

Totala antalet vita blodkroppar ökade signifikant efter båda exponeringarna men signifikant mer efter exponering utan förtvätt med robot (Figur 4). Ökningen utgjordes främst av en ökning av antalet neutrofila granulocyter och även här signifikant mer vid tvätt utan förtvätt med robot. Även antalet monocyter ökade signifikant mer utan förtvätt med robot jämfört med förtvätt med robot.

Ergonomisk utvärdering

Arbete med ryggen flekterad inom rött område förekom inte alls i undersökningen. Däremot höll ena försökspersonen ryggen flekterad inom gult område i 89 % av tiden vid arbete utan robot, i övrigt hölls ryggen flekterad inom gult område ca 2 % av tiden. Överarmen hölls flekterad inom rött område mellan 4 % och 15 % av tiden. Vidare hölls överarmen abducerad inom rött område mellan 4 % och 50 % av tiden. Främst höger överarm hölls abducerad inom rött område en stor del av tiden (20% - 50% av tiden). Den procentuella förändringen av ledvinklarna utan respektive efter robottvätt för de två försökspersonerna visas i tabell 3. Ledvinkeln för ryggböjning och vänster överarmsflexion förbättrades och ledvinkeln för flexion i vänster armbåge försämrades för båda försökspersonerna. För resterande leder förbättrade den ena personen arbetet med leden inom grönt område, emedan den andra personen försämrade arbetet med leden inom grönt område.

Tabell 3. Den procentuella förändringen av ledvinklarna inom grönt område utan respektive efter robottvätt för de två försökspersonerna. Positivt tal = ökning av tiden som ledvinkeln varit inom grönt område, negativt tal = minskning av tiden som ledvinkeln varit inom grönt område vid jämförelse utan respektive efter robottvätt.

	Försöksperson 1	Försöksperson 2
Ryggflexion	+88%	+0,9%
Höger arm		
Flexion armbåge	Mätfel (givaren lossnade)	-56,3%
Flexion överarm	-4,5%	+2,1%
Abduktion överarm	-15,8%	+11,9%
Vänster arm		
Flexion armbåge	-0,4%	-45,1%
Flexion överarm	+10,7%	+0,9%
Abduktion överarm	+10,0%	-0,6%

När det gäller den kardiovaskulära belastningen så fungerade inte pulsmätaren för försöksperson 1 vid arbete efter roboten. Därför har endast pulsen för försöksperson nr 2 analyserats. Denne ökade sin kardiovaskulära belastning från att arbeta på 55,0% av sin maximala syreupptagningsförmåga till att arbeta på 56,4% av sin maximala syreupptagningsförmåga vid arbete utan roboten jämfört med arbete efter robot.

Vattenförbrukningen vid tvättning var lika stor per tidsenhet. Eftersom dessa försök endast gjordes under tre timmar blev vattenförbrukningen densamma mellan försöksleden.

Diskussion

Denna studie har påvisat att förtvätt av svinstall med en tvättrobot jämfört med blötläggning med spridare före en 3 timmars exponering i samband med högtryckstvättning av stallet reducerar den inflammatoriska reaktionen signifikant. Förtvätt av stallet med robot, ledde till reducerad exponering för inhalerbart damm liksom reducerade exponeringsnivåer av endotoxin i både inhalerbart och respirabelt damm. Förtvätt med robot ledde också till en signifikant reducerad ökning i bronkiell reaktivitet och inflammatorisk reaktion i näsan mätt som cellantal och IL-8-halt i nässköljvätska. Även den systemiska reaktionen var signifikant reducerad efter förtvätt med robot mätt som ökning i antalet neutrofiler och monocyter i blod. Både denna studie och studien gjord av Larsson (Larsson, 2002) påvisade en ökad bronkiell reaktivitet jämförbar med den man ser i samband med vägning av grisar. Detta trots att exponeringen för inhalerbart damm endast är ca 1/20 jämfört med vägning av grisar. Däremot är nivåerna av respirabelt damm inklusive endotoxin, vilket på grund av sin storlek kan penetrera längre ner i luftvägarna, i samma storleksordning eller till och med högre. Den procentuellt högre andelen respirabelt damm skulle kunna förklaras av att högtryckstvätten slår sönder större partiklar och därmed ökar den respirabla fraktionen.

I denna studie fann vi att den bronkiella reaktiviteten (mätt som PD_{20FEV1}) enbart ökade efter högtryckstvätt utan föregående robottvätt, men det var ingen signifikant skillnad mellan exponeringarna. Vid jämförelse av lutningarna på dos-responskurvorna, förelåg det en signifikant skillnad efter exponering utan robottvätt och denna skillnad var signifikant större jämfört med exponeringen efter förtvätt med robot. En lutningskoefficient erhöles däremot vid samtliga mätningar. Självklart kan bristen på signifikans mellan de båda exponeringstillfällena bero på för få inkluderade försökspersoner för att kunna påvisa en effekt.

Denna studie påvisar att användning av tvättrobot reducerar exponeringen för de agens som leder till ökad bronkiell reaktivitet. Tidigare studier har talat emot att endotoxin skulle vara

det agens som leder till ökad bronkiell reaktivitet, eftersom användandet av andningsskydd som reducerade endotoxinexponeringshalterna med upp till 99% inte eliminerade den ökade bronkiella reaktiviteten (Sundblad 2006). Provokation med rent LPS gav inte heller en ökad bronkiell reaktivitet i samma storleksordning som vägning av grisar, trots en mycket högre exponeringsdos (Sundblad, manuscript).

Den ergonomiska pilotstudien visade att för tre leder erhöles förändring i samma riktning för de två försökspersonerna, för ryggflexion, vänster armbågsflexion och vänster överarmsflexion. Men hos dessa leder var förändringarna små hos den ena försökspersonen. För resterande leder förbättrade den ena försökspersonen sitt arbete emedan den andra försämrade sitt arbete. Detta innebär att det inte går att dra några slutsatser ur materialet. Resultatet rörande skillnaden i exponering för ergonomisk belastning kan endast ses som exempel på den variation som kan uppkomma vid mätningar av detta slag. Förändringen i kardiovaskulär belastning var liten och ligger inom felmarginalen, varför inga slutsatser kan dras. Sammantaget gör det också att arbetet med att gå vidare med en framtida fullskalestudie rörande belastningsexponeringen vid arbete utan respektive med tvättrobot inte kan anses som värdefullt.

Arbete med armarna över axelhöjd förekommer en hel del vid arbetet. Främst höger överarm hålls abducerad inom rött område under en stor del av arbetstiden. Det finns dock inga indikationer på att det är beroende av om tvättningen sker utan eller efter tvättrobot. Men uppmärksamhet bör riktas mot att underlätta arbetet vid tvättning av taket, så att arbetet med händerna över axelhöjd kan elimineras (Arbetsarkyddsstyrelsen, 1998).

Den uppenbara vinsten med minskad exponeringstid vid användning av tvättrobot var inte föremål för analys i denna studie. Däremot belyste studien om initial tvättning med robot påverkade exponeringen och därmed luftvägsbesvär och ergonomiska belastning. En teori är att de mest potenta luftvägsirriterande ämnena frigöres initialt vid tvättningen, vilket gör att försökspersonerna inte exponeras för dessa om en robot förtvättat stallet. Å andra sidan kan förtvättningen med en robot fragmentera större partiklar och dammkomponenter till mindre substanser, som lättare kan penetrera ner till lungorna och därmed ge en kraftigare inflammation och mer besvär. Motsvarande resonemang gällde för den ergonomiska belastningen, men för denna var det mer sannolikt att belastningen verkligen var lägre vid tvättning efter roboten. Detta kunde dock inte påvisas i den ergonomiska studien.

Hos lantbrukare finns ett motstånd mot den stora investering som tvättroboten utgör, den tar tid att lära sig och måste ändå kompletteras med manuell tvättning. I dagsläget saknas kunskap om huruvida användandet av tvättrobot faktiskt påtagligt förbättrar arbetsmiljön. I denna studie har vi vetenskapligt bevisat att man, utöver en kraftigt reducerad exponeringstid dessutom minskar exponeringens toxicitet och därmed uppkomna luftvägsbesvär vid akut exponering. Emellertid saknas data om den gynsamma effekten av förtvätt med robot som påvisats här, även gäller vid kronisk exponering. Där roboten, förutom att den minskar exponering för bioaerosoler och aerosoler, också troligtvis bidrar till att den ergonomiska belastningen reduceras, såväl som att olycksriskerna och exponeringen för vibrationer och buller minskar.

Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Populärvetenskapliga publikation: Benfalk, C., Gilbertsson, M., Ladberg, E., Rydberg, A. & Torén, A. 2005. Grisuppfödning – tekniker från gris till kotlett. JTI informerar nr 110. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala. Den tryckta publikationen skickades 2006-02-01 med brev till 1 500 prenumeranter och till ca 50 mediaföretag (inklusive ett pressmeddelande). Finns på JTI:s webbplats:

<http://www.jti.slu.se/publikat/jti-informerar/pdf-filer/JTIinf110.pdf>

JTI:s webbplats: Nyhetsnotis 2006-02-06. Robotar utvecklas för grisuppfödning. Skickad med e-post till 1 000 notisprenumeranter och ca 100 mediaföretag. Finns på webbplatsen:

<http://www.jti.slu.se/publikat/notiser06/JTIinf110.htm>

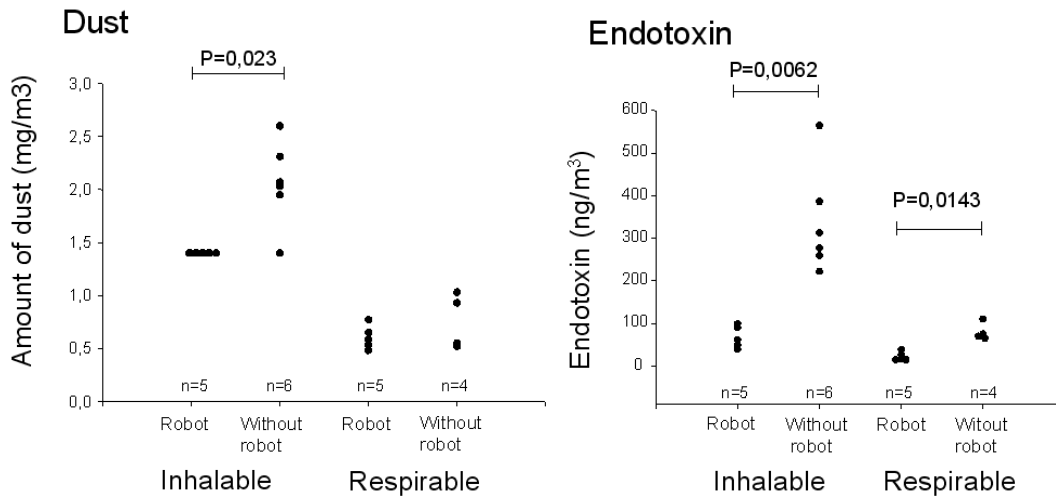
Populärvetenskaplig press: www.lantbruk.com. 2006-02-06. Grisuppfödare kan tjäna extra tusenlappar. Notis om JTI Informerar nr 110 (se ovan).

Populärvetenskaplig press: 2006-02-10. Länstidningen Östergötland

Har kontaktats av Upplands nyheter av Alf Karström om en eventuell artikel i deras Jord- och skogsbilaga

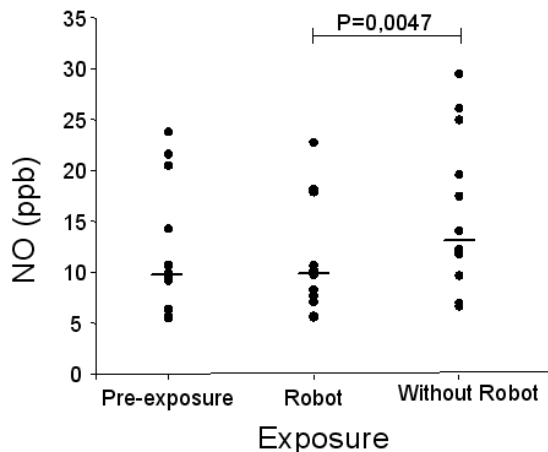
Referenser

- Andersson, G., Forsberg, A. & Malmgren, S. 2005. Konditionstest på cykel. SISU Idrottsböcker, Stockholm. ISBN: 91-85138-98-3.
- Arbetskyddsstyrelsen, 1994. Höghtryckssprutning. AFS 1994:54. Arbetsmiljöverket, Solna.
- Arbetskyddsstyrelsen, 1998. Belastningsergonomi. AFS 1998:1. Arbetsmiljöverket, Solna.
- Björing, G. & Hägg, G. 1996. Undersökning av belastningsergonomiska förhållanden vid manuellt sprutlackeringsarbete inom träindustri. Arbete och Hälsa 1996:9. Arbetslivsinstitutet, Stockholm.
- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, Å., Winkel, J., Karlqvist, L., Wiktorin, C. & Stockholm Music 1 Study Group. 1995. A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. *Appl Erg* 26 (2), pp 93-100.
- Fredriksson, K. 1999. PEOflex. User's manual. Arbetslivsinstitutet, Solna.
- Kilbom, Å., Persson, J. & Jonsson, B.G. 1986. Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry. *Int J Ind Erg* 1, pp37-47.
- Kristiansson, L. 1998. Höghtryckstvättning med liten arbetsbelastning och god säkerhet – en litteraturstudie. Avdelningen för arbetsmiljö, arbetsmetodik och teknik, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, Å., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G. and Jørgensen, K. 1987. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*, 18, pp. 233-237.
- Larsson, B-M., Larsson, K., Malmberg, P. & Palmberg, L. 2002. Airways inflammation after exposure in a swine confinement building during cleaning procedure. *Am J Ind Med* 41, pp 250-258.
- Larsson, K. 2000. Rengöring av svinstall. JTI-rapport Lantbruk & Industri, Nr 266. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Pedersen, B. & Kai, P. 1998. Rengøring af svinestalde. Meddelelse Landsutvalget Svin 376. Landsutvalget for svin, København.
- Personliga meddelanden*
- Ingenjör Anne Marie van Lierop, 2004. Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Ingenjör Peter Roelofs, 2004. Agrotechnology and food innovations B.V., Wageningen UR.



Figur 1: Inhalerbart och respirabelt damm samt endotoxinhalter i dessa dammfraktioner. Detektionsgränsen var 1.4 mg/m³ och 0.3 mg/m³ för inhalerbart respektive respirabelt damm och 40 ng/m³ för endotoxin. Signifikanta skillnader mellan exponeringarna är markerade i figuren.

NO measurements



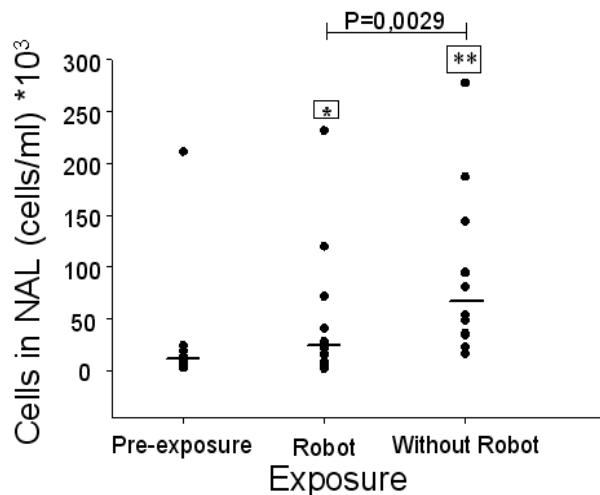
Figur 2: Individuella NO-värden före och efter de två olika exponeringarna. Median-värden är markerade som en horisontell linje. Signifikanta skillnader mellan exponeringarna är markerade i figuren.

Tabell 2: Resultat av spirometriundersökningar (VC och FEV₁) och "peak-flow"-mätningar (PEF). Förvärdena var normala för samtliga deltagare. Data presenteras som medelvärde och 95% konfidensintervall.

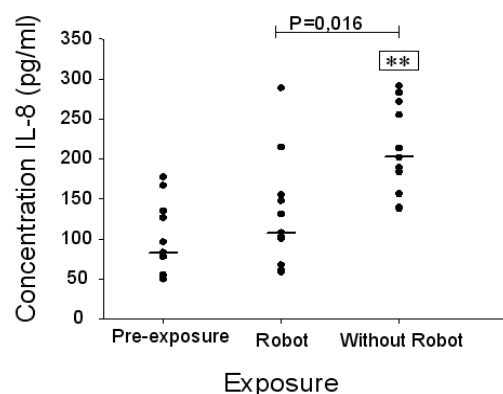
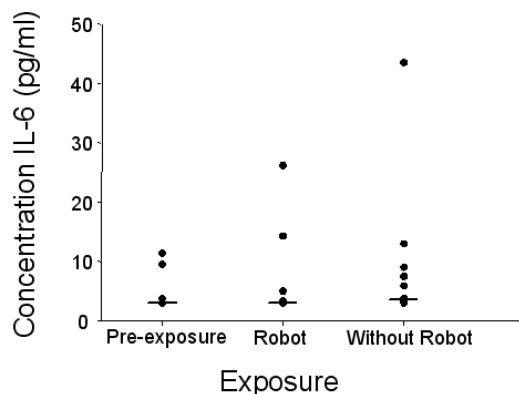
Resultat av metakolinprovokation där data presenteras som PD_{20FEV1} vilket motsvarar den kumulativa dosen som orsakar en 20% sänkning i FEV₁ samt dose/response slope (DRS) som motsvarar lutningen på dos-responskurvan. Data presenteras som median och 25-75 percentilen.

	Pre-exposure		Robot		Without Robot		Between exposures
		% of predicted	After exposure	P-value	After Exposure	P-value	P-value
VC (L)	4,49 (3,79-5,18)	97% (90-103)	4,44 (3,76-5,12)	ns	4,43 (3,79-5,08)	ns	ns
FEV₁ (L)	3,79 (3,23-4,35)	91% (73-108)	3,78 (3,24-4,31)	ns	3,78 (3,26-4,31)	ns	ns
PD_{20/FEV1} (mg)	1,7 (0,5 – 14,4)		0,8 (0,4 – 4,1)	0,0995	0,2 (0,1 – 1,3)	0.034	0,110
DRS (%mg⁻¹)	16,3 (1,3 – 42,3)		24,9 (4,1 – 66,2)	0,0844	91,5 (19,6 – 151,7)	0.0076	0.049
PEF (L/min)	538 (470-605)	Before robot	515 (447-582)	0.0002	502 (434-569)	0.0067	ns
	525 (450-600)	Before without robot					

Cells in Nasal lavage

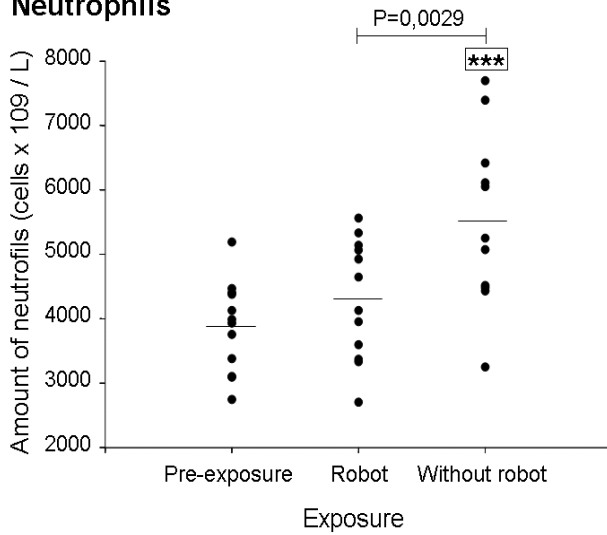


Concentration of IL-6 in nasal lavage

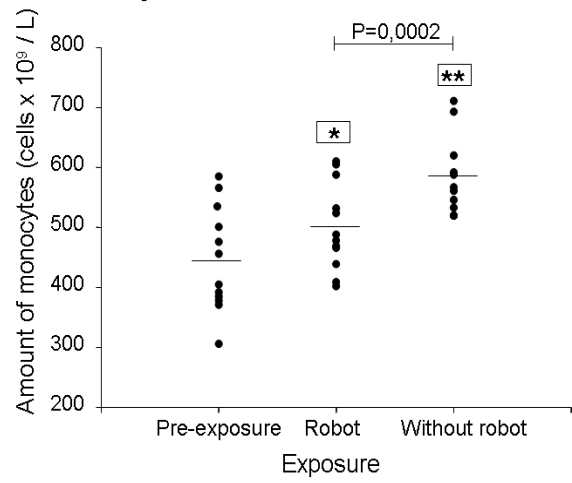


Figur 3; Totala cellantalet (A), IL-6- (B) och IL-8-halter (C) i nässköljvätska (NAL). Individuella värden före och efter de båda exponeringarna visas med medianvärdet markerat som en horisontell linje. *P<0.05 , **P<0.01 jämfört med förvärdet. Signifikanta skillnader mellan exponeringarna är markerade i figuren.

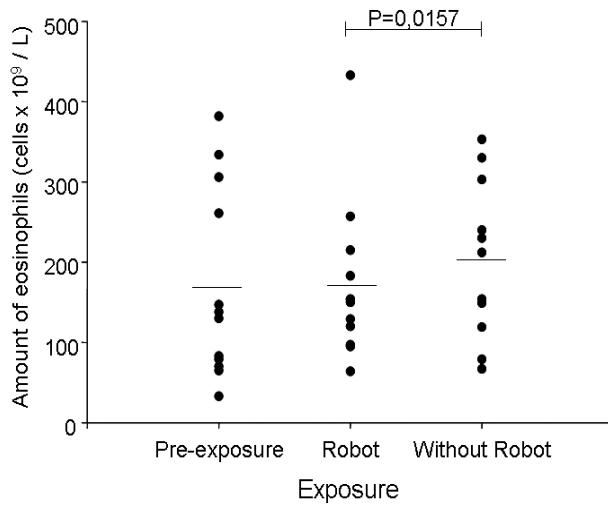
Neutrophils



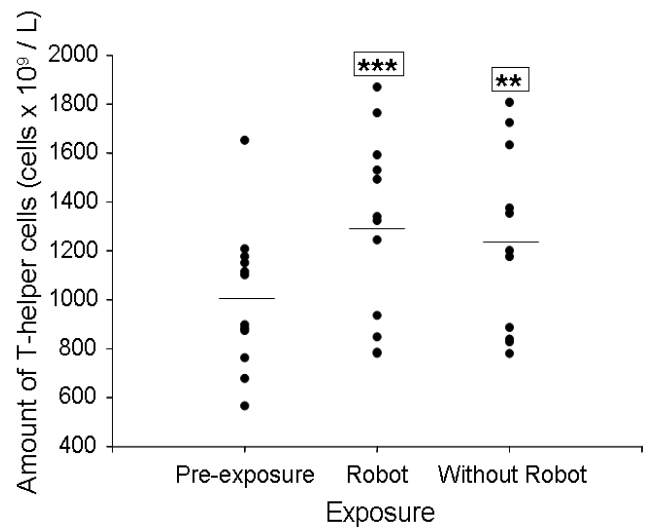
Monocytes



Eosinophils



T-helper cells (CD 3,4+)



Figur 4; Individuella värden före och efter de båda exponeringarna visas med medianvärdet markerat som en horisontell linje. *P<0.05, **P<0.01 jämfört med förvärdet. Signifikanta skillnader mellan exponeringarna är markerade i figuren.