



LUND UNIVERSITY

Tidig upptäckt av sensoriskt bortfall för att förebygga vibrationskada i händer

Nordander, Catarina; Axmon, Anna; Romanus Egerberg, Isolde; Balogh, Istvan

2009

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Nordander, C., Axmon, A., Romanus Egerberg, I., & Balogh, I. (2009). *Tidig upptäckt av sensoriskt bortfall för att förebygga vibrationskada i händer*. (Arbets- och miljömedicin Lund; Vol. 2009). Arbets- och miljömedicin.

Total number of authors:
4

Creative Commons License:
Ospecificerad

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Rapport 2009

**Tidig upptäckt av sensoriskt bortfall för att
förebygga vibrationsskada i händer
Slutrapport**

**Catarina Nordander
Anna Axmon
Isolde Romanus Egerborg
Istvan Balogh**

TIDIG UPPTÄCKT AV SENSORISKT BORTFALL FÖR ATT FÖREBYGGA VIBRATIONSSKADA I HÄNDER

SLUTRAPPORT

Catarina Nordander, Anna Axmon, Isolde Romanus Egerborg, Istvan Balogh
Arbets- och miljömedicin, Lund

Bakgrund

Arbete med handhållna vibrerande verktyg kan leda till såväl cirkulatoriska som neurologiska symtom i form av köldutlösta vita fingrar respektive domningar, stickningar, känselstörningar och värk i händer (Nilsson, 2002). Besvären är progressiva så länge exponering pågår, och kan leda till allvarlig funktionsstörning. Vid tidigt upptäckt kan de vara reversibla, men om exponering får fortsätta är risken stor för kronisk skada (Ekenvall et al., 1991). En del patienter klarar efter lång exponering inte något arbete med händerna, och även fritidsaktiviteter och vardagliga aktiviteter som matlagning och personlig hygien kan påverkas negativt. Det är därför ytterst angeläget att upptäcka personer med begynnande vibrationsskada i god tid och minska exponeringen i tillräckligt grad så att ingen försämring sker.

I Sverige arbetar ca 345 000 personer med hand/armvibrationer under minst ¼ av arbetsdagen (SCB, 2002). Av dessa upplever ca 15 000 någon form av besvär relaterade till exponeringen (SCB, 2003). Det handlar således om en stort antal personer som bör undersökas regelbundet.

Enligt Europaparlamentets och rådets direktiv (EU, 2002) ska arbetstagare som utsätts för vibrationer hälsoundersökas före anställning och regelbundet så länge exponering pågår. En svensk implementering av detta direktiv skedde i samband med en ny författning från Arbetsmiljöverket som trädde i kraft 2005, angående föreskrifter för medicinska kontroller i arbetslivet (Arbetsmiljöverket, 2005a, b). Härigenom infördes obligatoriska kontroller av samtliga arbetstagare som exponeras för vibrationsnivåer över $2,5 \text{ m/s}^2$ som genomsnittlig heldagsexponering. Enligt Arbetsmiljöverkets konsekvensbeskrivning för den nya föreskriften är ca 35 000 personer exponerade vid en sådan nivå att de regelbundet ska hälsoundersökas med avseende på vibrations-skada i hand/arm. Detta så kallade insatsvärde är sannolikt för högt, och det finns därför därutöver behov av undersökning även av andra yrkesgrupper där ohälsa påvisats trots att vibrations-exponeringen ligger under den obligatoriska nivån.

De medicinska kontrollerna syftar till att upptäcka tidiga tecken på vibrationsskada och därigenom kunna vidta lämpliga åtgärder för att minska exponeringen och förhindra ytterligare skada. De ska omfatta en riktad undersökning av kärl, hud och nerver i händer och armar.

Medicinsk intervju anses vara den bästa metoden för att klassificera svårighetsgraden av vita fingrar. En klassificering av besvären sker ofta enligt den 4 gradiga Stockholm Workshopskalan (Gemne et al., 1995):

- 0 *Inga anfall av vita fingrar.*
- 0,5 *Ökad köldkänslighet utan vita fingrar.*
- 1 *Anfall då och då, omfattande endast ytterfalangen på ett eller flera fingrar.*
- 2 *Anfall då och då, omfattande ytter- och mellanfalangen på ett eller flera fingrar.*
- 3 *Anfall ofta, omfattande alla falanger på de flesta fingrar.*
- 4 *Som i stadium 3 men med trofiska hudförändringar i fingertopparna.*

Beträffande neurologiska störningar finns motsvarande skattningsskala enligt Stockholm Workshop (Brammer et al., 1987; Gemne et al., 1995). Kategorisering är grov, med indelning i ett fåtal grupper. För grad 2 krävs både symtom och en objektivt påvisad nedsättning av känseln:

- 0SN *Exponerad för vibrationer men inga symptom.*
- 1SN *Intermittent domning, med eller utan stickningar (tingling).*
- 2SN *Intermittent eller varaktig domning; nedsatt sensorisk perception.*
- 3SN *Intermittent eller varaktig domning; nedsatt taktil diskriminationsförmåga och/eller nedsatt finmotorik.*

Det finns stora skillnader mellan yrkesgrupper beträffande arbetets specifika krav på finmotorik och känsel. Exempelvis tandvårdspersonal är mycket beroende av normal neurologisk funktion i handen (Hjortsberg et al., 1989; Åkesson et al., 1995). Andra grupper som är höggradigt exponerade finns bland annat i verkstadsindustrin (Gerhardsson et al., 2005). Här kan skadan gå långt innan den utgör ett arbetshinder och upptäcks av arbetstagaren, eftersom kraven på fullgod känsel är lägre.

Det är därför önskvärt att mäta känsel kvantitativt (där ett mätvärde kan registreras, ej enbart normal/nedsatt), så att en eventuell progress kan följas.

Via laboratorieundersökningar kan kvantifiering av känselbortfall ske, så kallad kvantitativ sensorisk testning (Lundström, 2002). Hudens förmåga att uppfatta vibrationer försämras mycket tidigt vid en känselstörning som beror på vibrationsskada (Ekenvall et al., 1991). Sedan lång tid mäts vibrationskänsletrösklar vid 125 Hz i samband med neurofysiologisk diagnostik.

Vibrationskänsl kan emellertid kvantifieras vid ett omfattande spektrum av frekvenser (4-500 Hz). Tekniken påminner om audiometriundersökning vid hörselskada. Med denna teknik kan vibrationssinnet utvärderas och kvantifieras i dess helhet. Mycket talar för att detta medför en stor fördel, eftersom olika känselkroppar reagerar vid olika frekvenser. För att upptäcka tidig skada synes denna metod vara att föredra, och den internationella standarden SS-ISO 13091-2 för mätning av vibrationssinne förordar denna metod (SIS 2003). Vilken metod som är bäst är emellertid oklart. Någon gold standard för vibrationsskada existerar dessvärre inte (Lundström, 2002), varför fullständig utvärdering av olika metoders sensitivitet och specificitet ej är möjlig. För att nå mer kunskap kan jämförelse mellan metoderna användas.

Med tanke på de nya kraven på undersökning av stora grupper vibrationsexponerade arbetare, är det väsentligt att resurseffektiva och väl utvärderade metoder finns tillgängliga. Metoderna bör så långt möjligt vara objektiva, och kunna visa såväl tidiga förändringar som grad av eventuell försämring. Mätning av vibrationssinnets känseltrösklar synes ha dessa egenskaper. Resultaten är kvantitativa och kan jämföras med åldersstandardiserade normalvärden. Det ger möjlighet att upptäcka tidigt nedsatt funktion, och att följa utvecklingen över tid.

Mätning av vibrationskänsltrösklar har hittills huvudsakligen utförts vid vibrationsskadeutredning på specialistkliniker. Den kan emellertid användas såväl på företagshälsovårdscentraler som ute på företag. Den är därför väl lämpad för screeningundersökning av större grupper av vibrationsexponerade arbetstagare. För en sådan användning behövs emellertid klargörande i fråga om eventuella fördelar med att använda flera frekvenser.

För att uppnå en så resurssnål användning av metoden som möjligt behövs kunskap om vilka frekvenser som ger mest tillförlitlig och relevant information. På specialistkliniker används i nuvarande metod sju frekvenser, tänkbart är att undersökningstiden kan kortas genom uteslutande av vissa av dessa.

Metoden kräver en subjektiv medverkan av den undersökta personen. Här kan dag till dag variationer i uppmärksamhetsgrad, och symtomintensitet påverka resultaten. Ett fåtal undersökningar av liknande metoder har gjorts beträffande reproducerbarhet, och en korrelationskoefficient runt 0,8 har påvisats. Dessa undersökningar har huvudsakligen gjorts på friska personer, men också på personer med misstänkt nervinklämning i handled (Lundström, 2002). För att kunna tolka resultaten från upprepade undersökningar, och säkerställa eventuell försämring krävs mer kunskap om hur mätresultaten varierar från dag till dag inom individer, såväl hos personer med normal vibrationskänsl som hos vibrationsexponerade personer med nedsatt vibrationskänsl, för den aktuella metoden (Chong & Cros, 2004).

Syfte

Syftet med studien var att utvärdera två aspekter av vibrationskänslmätning i avsikt att optimera metoden för förebyggande hälsokontroller av vibrationsexponerade arbetstagare, för tidig upptäckt av neurologiska funktionsstörningar i händer.

- Att studera reproducerbarheten av undersökningen hos såväl oexponerade individer utan symtom, som hos vibrationsexponerade patienter med symtom. Detta för att kunna ge rekommendationer för tolkning av resultat av upprepade undersökningar, i form av hur stor nedsättning som ska detekteras för att den ska kunna bedömas som en sann försämring av vibrationskänsln.
- Att studera sambandet mellan objektivt uppmätt vibrationskänsl och grad av neurologiska symtom i ett patientmaterial. Att via statistisk modellering utvärdera prediktionsvärdet av enstaka frekvenser och olika kombinationer av dessa. Detta för att ge underlag för rekommendation om minsta acceptabla antalet vibrationsfrekvenser för att erhålla tillförlitlig information om eventuell påverkan på vibrationskänsln, vilket i sin tur kan minimera tidsåtgången för undersökningen.

Material och metoder

Vibrationskänsltröskelmätning

Apparaturen var i princip en ombyggd Békésy-audiometer. Patienten placerade fingret på en vertikalt vibrerande tapp vars amplitud steg, tills patienten tryckte in en knapp. Då sjönk amplituden tills knappen släpps, varvid den åter ökar. Tappen vibrerade med en frekvens åt gången vid sju förvalda frekvenser; 8, 16, 32,5, 65, 125, 250 och 500 Hz. Ett första test som

träning för patienten gjordes vid 16 Hz. Testledaren avgjorde om någon frekvens borde testas om. Utrustningen bottenade vid 160 dB, varför större nedsättningar ej kunde registreras. Höger pek- och lillfinger samt vänster pek- och lillfinger testades.

Utrustningen ansluter i stor utsträckning till standarden SS-ISO 13091-2, vilken fastlagts efter det att ursprungsversionen byggdes. Apparaturen kalibreras årligen.

Apparaturen har ursprungligen utvecklats av Teltec AB i Lund, i samarbete med G Lundborg, Handkirurgiska kliniken i Malmö, T Strömberg, Ortopediska kliniken, Lund och R Lundström, Arbetsmiljöinstitutet, Umeå. En ny version har tagits fram 2004, av Vibrosense AB, Malmö.

Undersökningen utfördes på förmiddagen så att patienten ej exponerats för vibrationer 6 timmar före undersökningen. Patienterna hade inte rökt eller snusat under en timme före undersökningen. Hudtemperaturen registrerades bilateralt före undersökning. Huden skulle vara minst 28° varm. Var händerna kallare spolades de med varmt vatten eller värmdes med värmedyna. Ny mätning av hudtemperatur skedde därefter, samt efter undersökningen.

Patienten informerades om undersökningen, och utrustningen visades. Han/hon placerades bekvämt i en stol där höjden ställs in så att armen vilar avslappad på undersökningsbordet, med fingret på vibratortappen. Patienten uppmanades att slappna av i hela armen.

För att minska risken för att syn- eller hörselintryck hjälpte patienten att bedöma när vibrationerna ökade, försågs han/hon med hörselkåpa och en duk över den hand som testades. Omgivningsmiljön var lugn och tyst, eftersom undersökningen utfördes i ett särskilt, ljudisolerat rum.

Mätningen började med höger pekfinger, följt av lillfinger, och motsvarande på vänster hand. När mätningen startades kom ett förtest som hjälpte patienten att bli bekant med proceduren (se mätprincip), varefter programmet genomfördes automatiskt.

Vid behov kunde enstaka frekvenser köras om. Detta bör göras då kurvan inte fördelar sig jämnt runt medelvärdet, eller på annat sätt har ett ojämnt utseende.

För varje finger erhöles en kurva med taggigt utseende. Apparaten räknade ut ett medelvärde för vibrationskänsletröskeln för varje frekvens. Detta medelvärde jämfördes med ett åldersstandardiserat normalmaterial vilket skuggades på skärmen och i det "taktilogram" som skrevs ut. Totala arean under kurvan, med baslinjen 150 dB, beräknades och jämfördes med normalmateriallets. Kvoten mellan uppmätt area och åldersstandardiserad area beräknades. Detta angavs som sensibilitets index (SI). SI 1,0 var således normalt och $SI < 0,8$ (2 standarddeviationer) bedömdes som patologiskt (Lundborg et al., 1992; R Lundström et al., 1990; R. Lundström et al., 1992). Eftersom apparaten kunde registrera nedsättningar av vibrationskänsletröskeln ner till 160 dB, medan SI värdet beräknades med 150 dB som baslinje, kunde negativa SI värden förekomma.

Reproducerbarhet

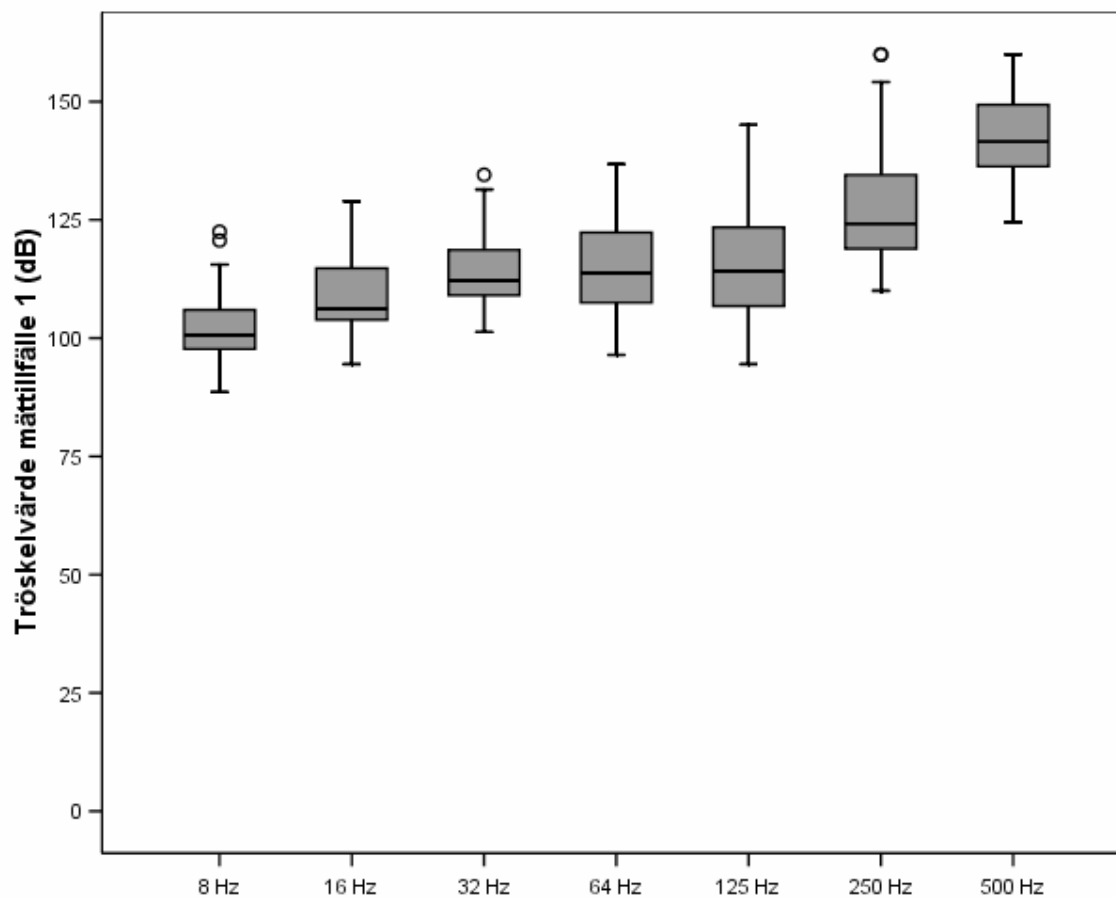
För att studera reproducerbarhet av metoden gjordes med ca 1 veckas mellanrum sex upprepade mätningar på fyra män och fyra kvinnor (anställda på kliniken) som var symptomfria och icke

vibrationsexponerade sex gånger med ca 1 veckas mellanrum. (Tabell 1). Vidare ingick 19 män och 20 kvinnor som remitterats till kliniken på grund av misstänkt vibrationskada, och som enligt läkarklassificering enligt Stockholm Workshop-skalan hade känselstörning grad 1-3 SN på någon av händerna. De ombads konsekutivt att återkomma för upprepad undersökning efter ca 1 vecka. För detta erbjöds ekonomisk ersättning.

I Figur 1 redovisas utgångsdata beträffande vibrationskänsl uppdelat per frekvens. Ju högre tröskelvärde, dvs ju högre amplitud (uttryckt i dB) som krävs för att en person ska känna vibrationerna, desto sämre känsl har personen. Som framgår finns en stor spridning i gruppen, vilken kan förklaras dels av skillnader i ålder, dels av skillnader i grad vibrationskada (jfr Tabell 1), och dels av individuella skillnader. Kvinnor hade som grupp något bättre värden än män på samtliga frekvenser, vilket också avspeglas i SI värdena, se Tabell 1.

Tabell 1. Personer som ingick i reproducerbarhetsstudien. Antal (N), ålder (medel och standardavvikelse; SD, samt högsta och lägsta värde. Åldersstandardiserat index, jämfört med ett normalvärde (SI) för höger pekfinger från första mätningen. Personerna har delats efter exponering och besvär i höger hand, män och kvinnor separat.

		N	Ålder (år)			SI höger pekfinger	
			medel	(SD)	spridning	medel	(SD)
Ej vibrationsexponerade							
Besvär grad 0SN							
	Män	4	42	(15)	28-59	0,95	(0,16)
	Kvinnor	4	45	(17)	25-63	1,02	(0,11)
Vibrationsexponerade							
Besvär grad 0SN							
	Män	1	48			1,12	
	Kvinnor	2	51	(2)	50-53	1,14	(0,05)
Besvär grad 1SN							
	Män	10	47	(10)	32-63	0,76	(0,21)
	Kvinnor	6	50	(8)	37-62	0,92	(0,18)
Besvär grad 2SN							
	Män	5	51	(9)	42-60	0,73	(0,21)
	Kvinnor	3	59	(3)	56-61	0,89	(0,19)
Besvär grad 3SN							
	Män	3	52	(6)	52-63	0,69	(0,24)
	Kvinnor	9	51	(7)	38-59	0,86	(0,29)



Figur 1. Tröskelvärden vid första mättillfället, höger pekfinger. Boxarna visar medianvärden, kvartiler och extremvärden för hela gruppen (47 personer varav 8 oexponerade, övriga patienter på AMM).

Journalgenomgång

För att studera korrelationen mellan symtom och vibrationströsklar vid olika frekvenser, i syfte att föreslå minsta acceptabla antal frekvenser för hälsoundersökning har en jämförelse gjorts mellan klassificering enligt Stockholm Workshop-skalan för neurologiska symtom och resultat från vibrationskänselförskelmätning.

Under perioden september 1995 till september 2005 undersöktes 75 kvinnor (medelålder 48 år, SD 10 år, range 27-67 år) och 458 män (medelålder 49 år, SD 10 år, range 21-69 år) med misstänkta vibrationsskador på Yrkes- och Miljömedicinska klinken (sedan 2008 Arbets- och miljömedicin) i Lund. Hos varje patient har fyra mätningar av tröskeln för vibrationskänselförskelregistrerats (pek- och lillfinger på respektive hand). Dessa finns lagrade i en databas som är tillgänglig för statistisk bearbetning.

Databasen innehåller för 233 av dessa patienter dessutom uppgift om undersökande läkares klassificering av såväl neurologiska som cirkulatoriska symtom enligt Stockholm Workshop-skalorna. För övriga 300 patienter har journalerna i arkivet gått igenom. I de fall då Stockholm Workshop klassificering fanns i journal men ej tidigare matats in i databas skedde detta. För resterande, där klassificering ej angetts gick en specialistkompetent läkare igenom anamnes-

delen i journalen för att om möjligt klassificera i efterhand. Då journalerna vid kliniken generellt är mycket utförliga, och då symtomuppgifter som regel införskaffats med stor noggrannhet eftersom dessa uppgifter ofta används för läkarutlåtande enligt lagen om arbetsskadeförsäkring kunde en klassning göras för en stor del av patienterna. Denna klassning gjorde blint, dvs utan kännedom om resultatet på vibrationskänselförskelnmätningen. Anamnesupptagningen hade som regel ursprungligen gjorts innan mätningen, och det är inte troligt att resultatet från denna på något sätt påverkat journaluppgifterna.

Resultaten tillfördes databasen. Därefter saknades uppgift endast för 9 patienter. Totalt antal patienter i materialet var därför 526 (452 män och 72 kvinnor). För vart och ett av de fyra undersökta fingrarna har resultat från enstaka frekvenser respektive SI ställts i relationen till klassificeringen i Stockholm Workshopskalorna. Avsikten var att studera vilka frekvensers uppmätta tröskelvärden som bäst korrelerade till symptom, och vidare att fastställa optimala antalet frekvenser för att erhålla tillförlitlig information om funktionsstörning.

Statistik

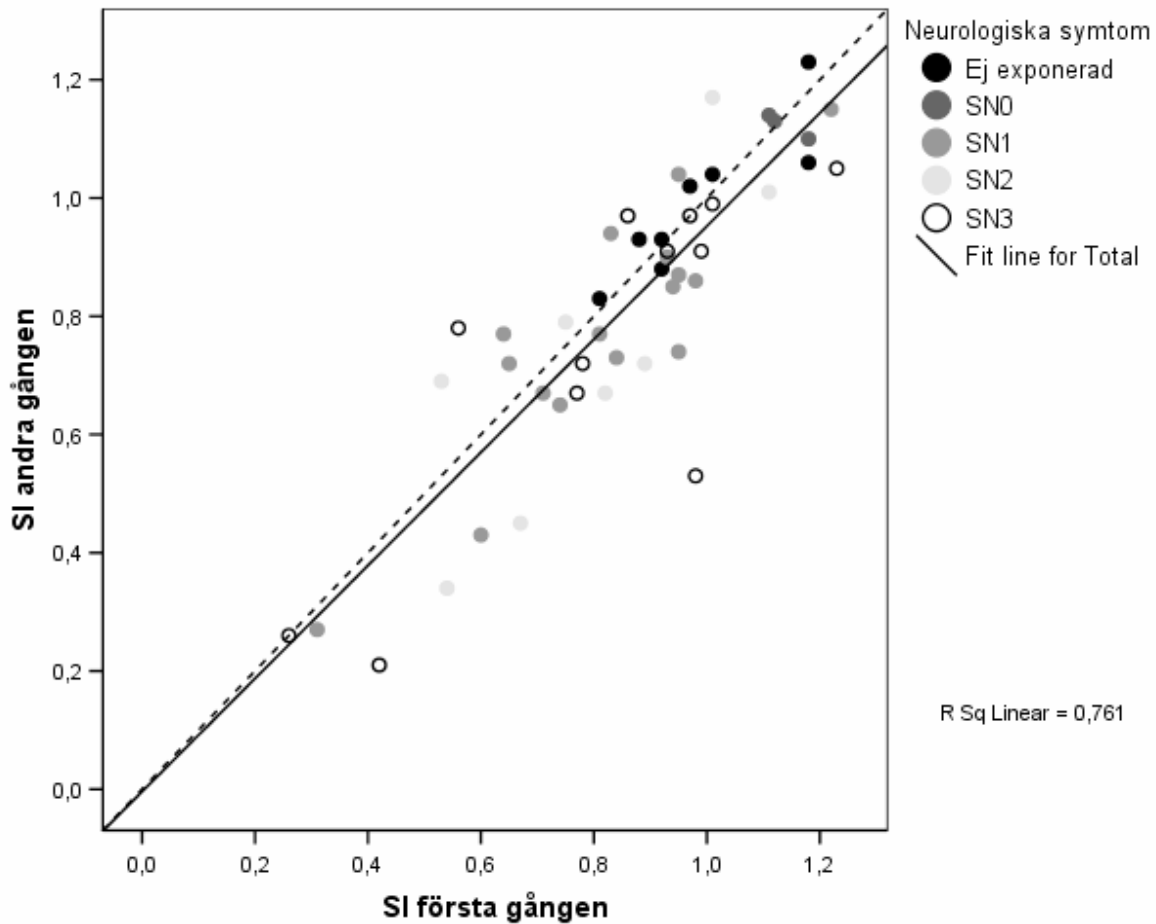
För jämförelse mellan första och andra mättillfället för dem som gjorde upprepade tester med en veckas mellanrum användes ett parat t-test. Skillnaderna redovisades dels som naturliga tal (beräknat som första värdet minus andra värdet), dels som absoluta tal. Det senare innebär att negativa tal uttrycks som positiva och skillnaden mellan tillfällena betraktas som oberoende av vilket mättillfälle som kom först. Jonckheere-Terpstra test for trend användes för att studera hur vibrationskänselförsklar för respektive frekvens samt SI värden för gruppen förhöll sig till symptom enligt Stockholmskalan.

För bedömning av hur många frekvenser som behövs vid screening gjordes ett försök med diskriminantanalys, men på grund av stort överlapp i SI värden mellan grupperna valde vi att studera sensitivitet-specifitets kurvorna.

Beräkning av SI för 125, 250 och 500 gjordes på motsvarande sätt som för totalSI.

Resultat

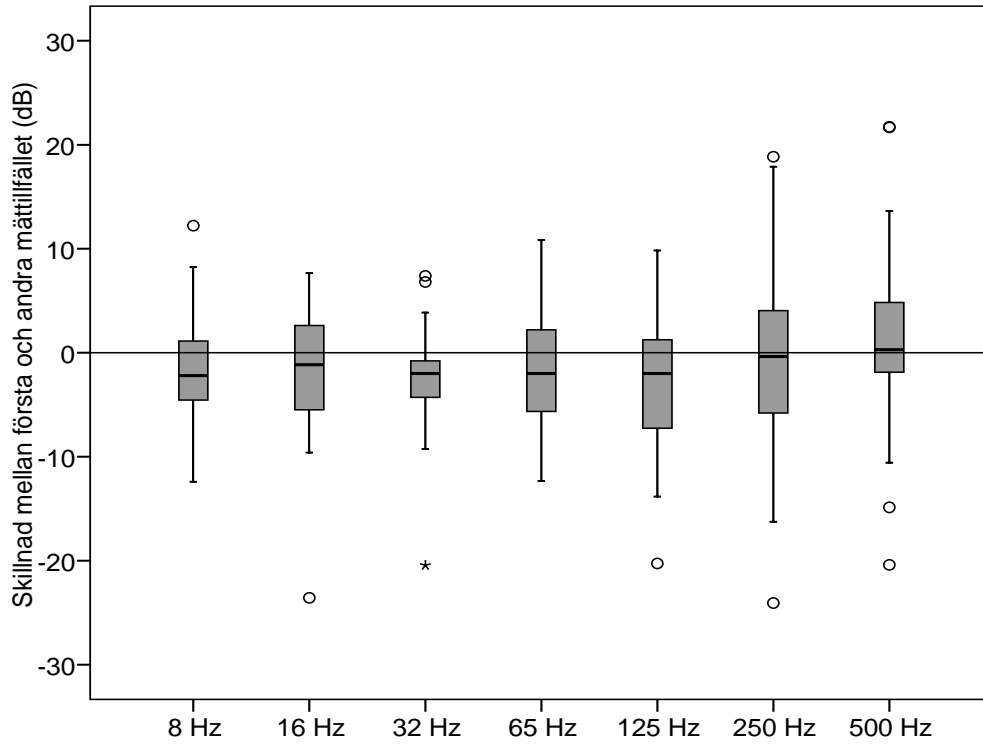
Reproducerbarhet



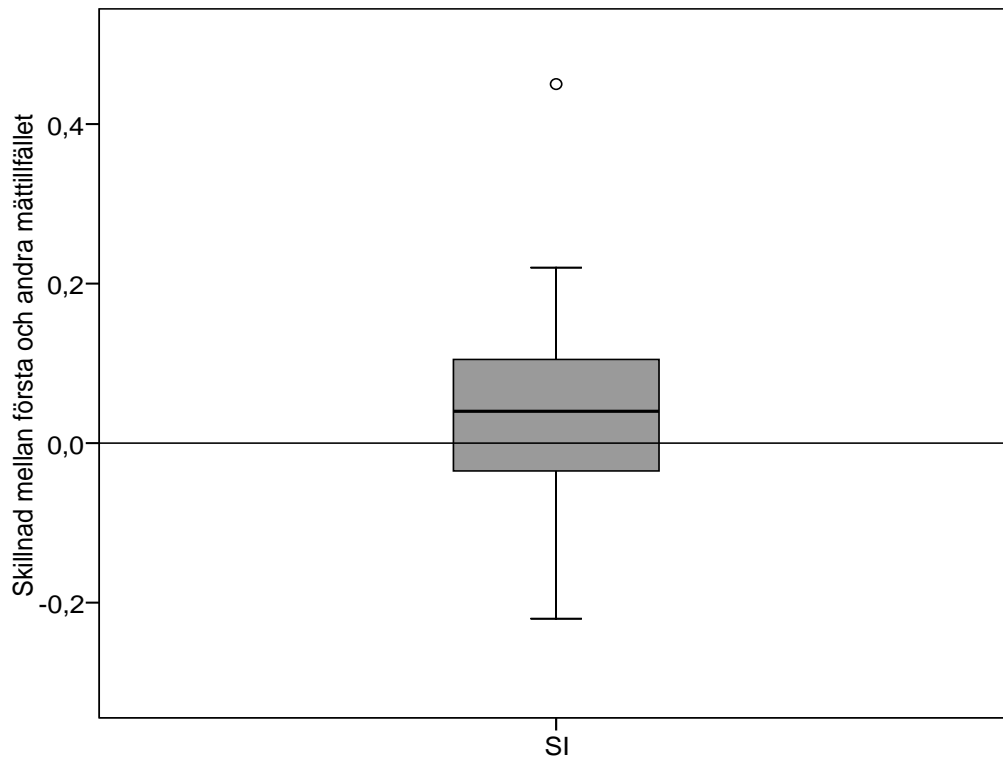
Figur 2. Uppmätta SI värden med en veckas mellanrum hos 8 oexponerade personer och 39 patienter med varierande grad av neurologiska symtom. Streckad linje visar line of identity och heldragen linje visar regressionlinjen för samtliga mätningar.

Upprepade test visade en skillnad mellan första och andra mättillfällena (Figur 2 och Figur 3, Tabell 2). Som framgår av figurerna, och av standardavvikelse (SD) i tabellen, varierade detta emellertid mellan individer. En något högre andel (60%) uppvisade sämre mätresultat vid andra tillfället. Korrelationskoefficienten, r , för SI var 0,9 för hela gruppen.

De genomsnittliga skillnaderna för de enskilda frekvenserna var i stort sett jämnstora, i snitt -2 dB (SD 6). De högre frekvenserna visade en något större spridning (större SD) än de lägre. För SI var den genomsnittliga skillnaden 0,04 (SD 0,12).



Figur 3a. Skillnad mellan första och andra mättillfället för de olika frekvenserna (47 personer varav 8 oexponerade, övriga patienter på AMM). Lägre värden innebär sämre känsel vid andra tillfället.

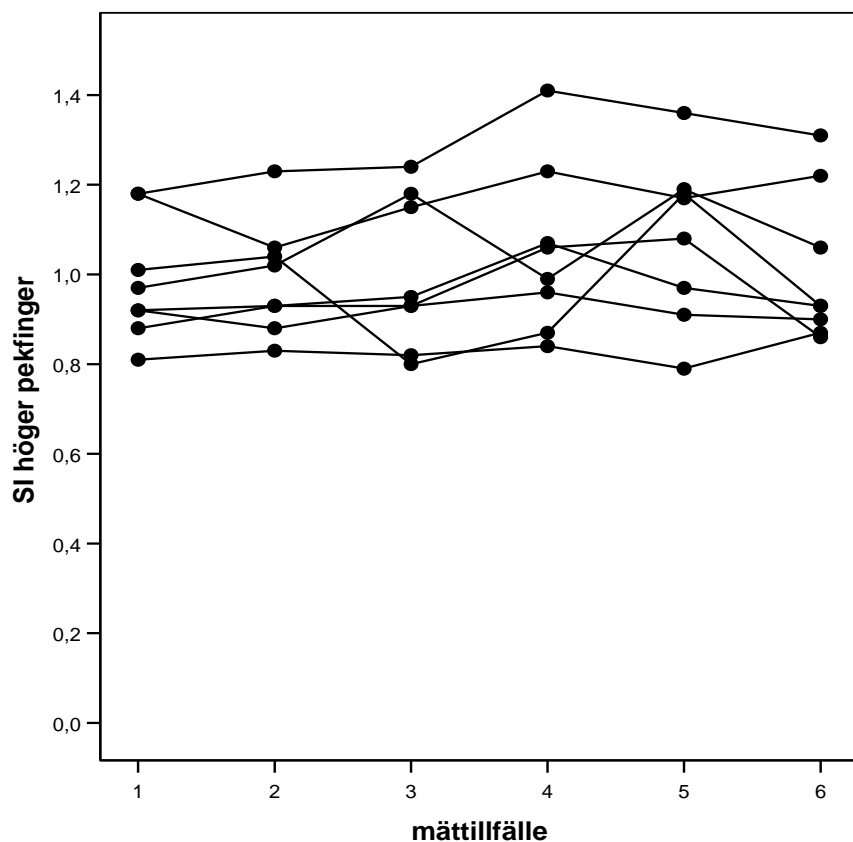


Figur 3b. Skillnad mellan första och andra mättillfället för SI. Högre värde innebär sämre känsel vid andra tillfället.

Tabell 2. Skillnad mellan första och andra mättillfället, höger pekfinger, medel (SD). Negativa värden för skillnad i tröskelvärde respektive positiva värden för skillnad i SI innebär försämrad känsel andra gången. p-värdet för skillnad (parat t-test) anges för män och kvinnor gemensamt inom respektive besvärsgрад. Statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$) markeras med fet stil.

		Skillnad i Tröskelvärde								SI
		N	8Hz (db)	16Hz (db)	32Hz (db)	64Hz (db)	125Hz (db)	250Hz (db)	500Hz (db)	
			medel (SD)	medel (SD)	medel (SD)	medel (SD)	medel (SD)	medel (SD)	medel (SD)	
Ej vibrationsexponerade										
Besvär grad 0SN										
	Män	4	-2,1 (4,4)	-0,63 (4,5)	-1,8 (2,5)	-0,6 (4,5)	-2,7 (3,6)	0,4 (5,8)	2,3 (4,3)	0,02 (0,08)
	Kvinnor	4	3,1 (4,4)	2,7 (2,8)	-1,2 (1,6)	-4,4 (2,6)	-2,7 (3,5)	5,5 (3,6)	8,0 (2,8)	-0,04 (0,02)
	Totalt		0,5 (4,9)	1,1 (3,9)	-1,5 (2,0)	-2,5 (4,0)	-2,7 (3,3)	2,6 (5,5)	5,2 (4,5)	-0,01 (0,06)
	p		0,8	0,5	0,07	0,12	0,05	0,23	0,01	0,8
Vibrationsexponerade										
Besvär grad 0SN										
	Män	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kvinnor	2	-0,5 (3,4)	-1,8 (4,6)	-0,3 (3,2)	-1,2 (0,4)	-8,5 (1,5)	-5,3 (2,9)	11 (15)	0,03 (0,08)
	Totalt		0,1 (2,6)	-0,04 (4,5)	-0,6 (2,4)	-0,3 (1,5)	-5,6 (5,2)	-3,6 (3,6)	6,9 (13)	0,01 (0,06)
	p		1,0	1,0	0,7	0,7	0,2	0,2	0,5	0,7
Besvär grad 1SN										
	Män	10	-1,3 (5,1)	0,2 (5,9)	-1,4 (4,2)	-1,0 (4,3)	-1,7 (6,0)	-0,1 (9,6)	-0,4 (8,5)	0,02 (0,12)
	Kvinnor	6	-2,6 (5,1)	-3,7 (3,1)	-2,1 (3,6)	-5,6 (3,8)	-3,7 (6,1)	-3,5 (5,0)	0,7 (5,6)	0,08 (0,03)
	Totalt		-1,8 (4,9)	-1,3 (5,3)	-1,6 (3,9)	-2,7 (4,6)	-2,5 (5,9)	-1,4 (8,2)	0,0 (7,4)	0,04 (0,10)
	p		0,17	0,4	0,11	0,03	0,12	0,5	1,0	0,10
Besvär grad 2SN										
	Män	5	-1,9 (5,5)	-0,5 (4,8)	-3,1 (4,4)	-1,3 (9,3)	-2,7 (10)	-2,7 (16)	-1,6 (7,9)	0,05 (0,20)
	Kvinnor	3	-0,9 (3,7)	-5,0 (3,8)	-4,1 (3,8)	-4,7 (9,0)	-3,8 (11)	-0,3 (6,8)	0,2 (5,0)	0,07 (0,10)
	Totalt		-1,5 (4,6)	-2,2 (4,8)	-3,5 (3,9)	-2,6 (8,7)	-3,1 (9,9)	-1,8 (13)	-0,9 (6,6)	0,06 (0,16)
	p		0,4	0,24	0,04	0,4	0,4	0,7	0,7	0,3
Besvär grad 3SN										
	Män	3	-4,1 (2,5)	-2,9 (6,0)	-1,8 (3,8)	-2,0 (9,7)	-3,6 (8,6)	-0,3 (6,9)	0,05 (6,6)	0,05 (0,16)
	Kvinnor	9	-2,8 (7,4)	-5,1 (8,5)	-4,2 (7,5)	-0,7 (6,2)	-2,6 (8,5)	-2,8 (6,1)	0,5 (9,9)	0,07 (0,18)
	Totalt		-3,2 (6,4)	-4,6 (7,8)	-3,6 (6,7)	-1,1 (6,7)	-2,8 (8,1)	-2,2 (6,1)	0,4 (8,9)	0,07 (0,17)
	p		0,12	0,07	0,09	0,6	0,3	0,25	0,9	0,20
Samtliga										
			-1,6 (5,2)	-1,8 (5,8)	-2,4 (4,5)	-2,1 (5,7)	-2,9 (6,7)	-1,1 (7,9)	1,3 (7,8)	0,04 (0,12)
			0,04	0,04	0,001	0,02	0,005	0,4	0,3	0,02

För de personer som deltog vid sex mättillfällen varierade resultaten något från gång till gång men det fanns ingen övertygande trend mot bättre värden efter hand som tecken på inlärningseffekt (Figur 3).



Figur 3. Ålderstandardiserade SI värden för 8 friska oexponerade personer undersökta vid 6 olika tillfällen.

Journalgenomgång

Det fanns en stor spridning beträffande neurologiska symtom i den undersökta patientgruppen. En stor andel hade dessutom besvär med köldutlöst vasospasm. Se Tabell 3 för beskrivning.

Tabell 3. Neurologiska besvär från höger pekfinger för 72 kvinnor och 452 män. Antal (N), ålder (medel och SD) samt andel med samtidig förekomst av cirkulatoriska besvär (Stockholm workshop skalan 0,5-4)

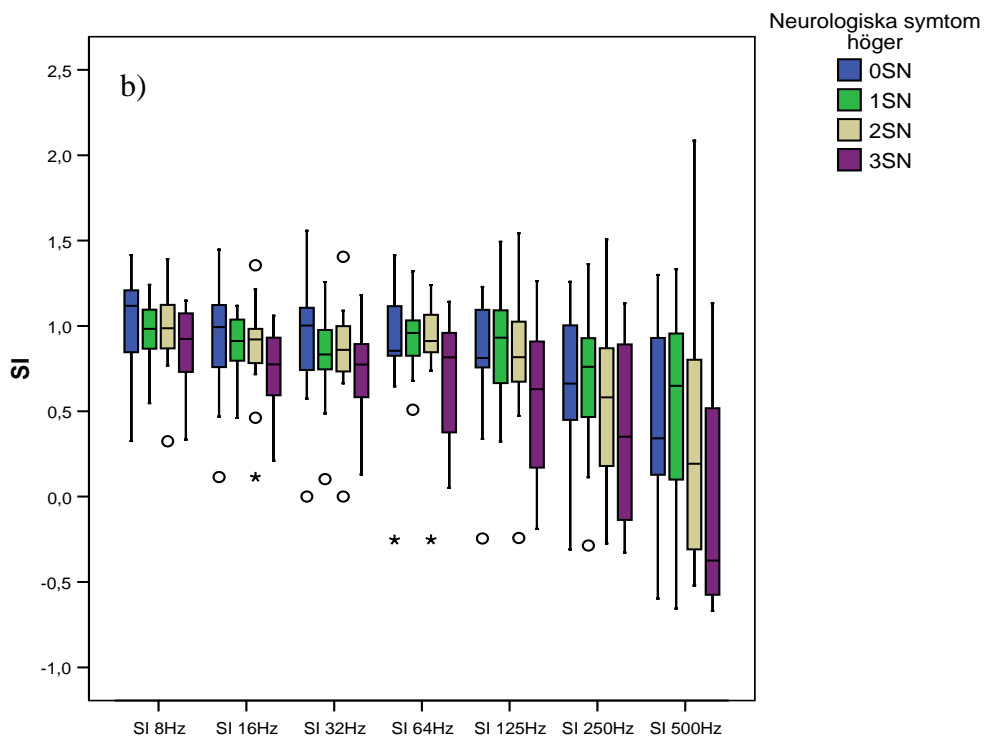
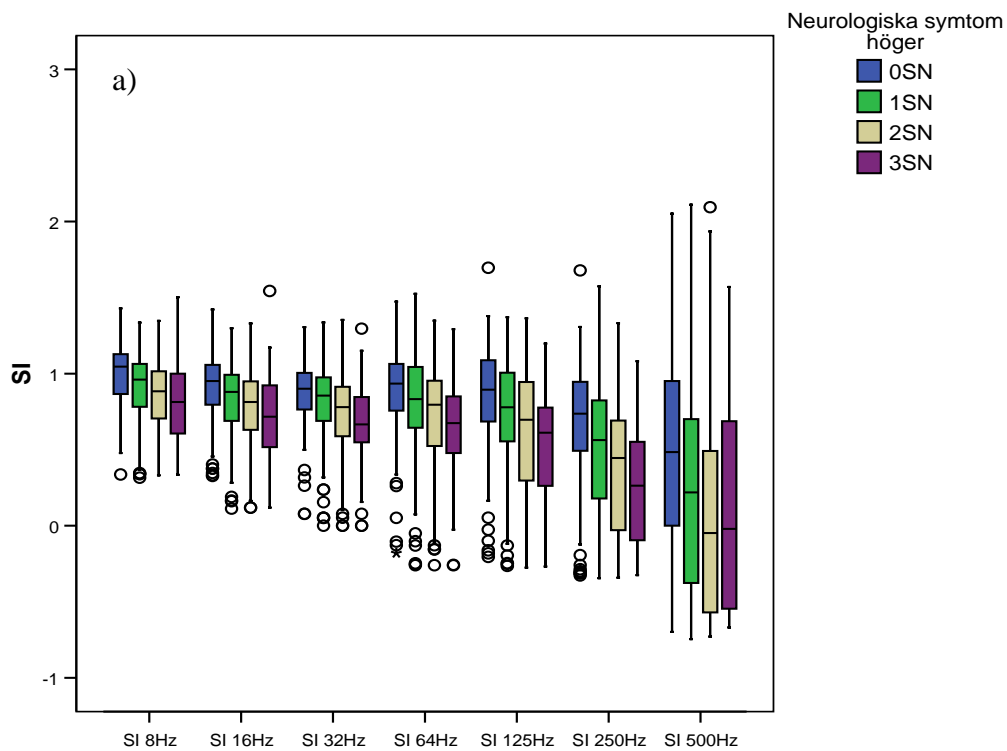
	Kvinnor			Män		
	N	Ålder	Cirkulatoriska besvär	N	Ålder	Cirkulatoriska besvär
Neurologiska symtom						
0SN	16	52 (10)	44%	120	47 (11)	53%
1SN	31	46 (11)	61%	173	49 (10)	57%
2SN	13	47 (9)	69%	106	50 (9)	72%
3SN	12	53 (6)	58%	53	51 (9)	79%

I Tabell 4 redovisas de uppmätta SI värden för respektive frekvenser samt total SI och ett sammanviktat SI för de tre högsta frekvenserna, 125-500Hz. Bland män finns en tydlig trend med större sänkningar av SI ju mer symtom patienterna hade (Jonckheere-Terpstra test for trend $p < 0.001$ för samtliga frekvenser och total SI). Bland kvinnor finns ett liknande mönster, men inte lika tydligt ($p = 0,05$ för total SI, $p < 0,05$ för SI 16 Hz och SI 500 Hz, runt 0,1 för övriga). Skillnaden mellan två steg på skalan är som framgår ca 0,1 SI.

Tabell 4. SI värden för respektive frekvens, för SI samt för SI beräknat för de tre högsta frekvenserna (125 Hz, 250 Hz och 500 Hz), i förhållande till neurologiska symtom enligt Stockholm workshop skalan. Median och spridning (5'e – 95'e percentilen) för 72 kvinnor och 452 män. Höger pekfinger. För respektive frekvens anges p-värde beräknat med Jonckheere-Terpstra test for trend.

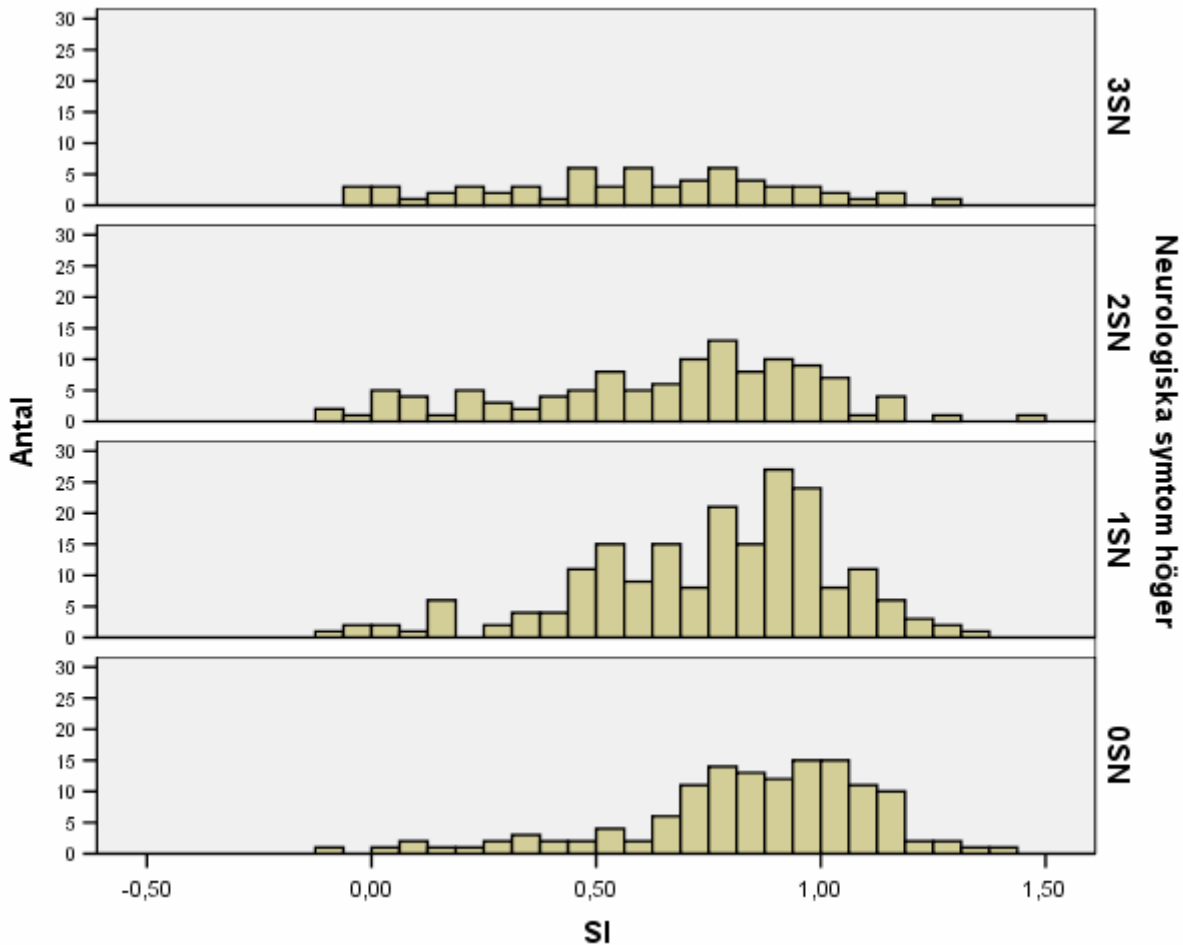
		Kvinnor				Män			
		Median	Percentil 5	Percentil 95	p	Median	Percentil 5	Percentil 95	p
SI 8 Hz	0SN	1,12	0,33	1,41		1,05	0,57	1,25	
	1SN	0,98	0,70	1,23		0,96	0,48	1,24	
	2SN	0,98	0,32	1,39		0,88	0,39	1,28	
	3SN	0,92	0,33	1,15	0,16	0,79	0,34	1,26	<0,001
SI 16 Hz	0SN	0,99	0,11	1,45		0,95	0,40	1,28	
	1SN	0,91	0,46	1,11		0,88	0,36	1,16	
	2SN	0,92	0,11	1,36		0,80	0,24	1,13	
	3SN	0,78	0,21	1,06	0,04	0,71	0,19	1,12	<0,001
SI 32Hz	0SN	1,00	0,00	1,56		0,90	0,50	1,20	
	1SN	0,83	0,49	1,12		0,85	0,32	1,13	
	2SN	0,84	0,00	1,40		0,78	0,10	1,13	
	3SN	0,77	0,13	1,18	0,10	0,66	0,00	1,09	<0,001
SI 64 Hz	0SN	0,85	-0,25	1,41		0,93	0,28	1,31	
	1SN	0,96	0,68	1,20		0,83	0,16	1,25	
	2SN	0,90	-0,25	1,24		0,79	-0,10	1,18	
	3SN	0,82	0,05	1,14	0,18	0,67	-0,26	1,19	<0,001
SI 125 Hz	0SN	0,81	-0,25	1,23		0,89	0,05	1,28	
	1SN	0,92	0,35	1,32		0,77	-0,03	1,20	
	2SN	0,75	-0,24	1,54		0,70	-0,16	1,20	
	3SN	0,63	-0,19	1,26	0,08	0,57	-0,26	1,18	<0,001
SI 250 Hz	0SN	0,66	-0,31	1,26		0,73	-0,29	1,16	
	1SN	0,74	0,03	1,13		0,56	-0,28	1,10	
	2SN	0,58	-0,27	1,51		0,43	-0,33	1,05	
	3SN	0,35	-0,33	1,13	0,11	0,24	-0,31	1,02	<0,001
SI 500 Hz	0SN	0,34	-0,60	1,30		0,48	-0,60	1,31	
	1SN	0,65	-0,52	1,32		0,22	-0,64	1,51	
	2SN	0,19	-0,52	2,09		-0,02	-0,68	1,25	
	3SN	-0,37	-0,67	1,13	0,05	-0,04	-0,64	1,25	<0,001
SI	0SN	0,91	-0,08	1,31		0,89	0,29	1,17	
	1SN	0,90	0,43	1,11		0,79	0,15	1,13	
	2SN	0,81	-0,07	1,46		0,71	0,01	1,08	
	3SN	0,69	0,06	1,13	0,05	0,60	-0,04	1,12	<0,001
SI 125-500 Hz	0SN	0,61	-0,31	1,25		0,74	-0,12	1,16	
	1SN	0,77	0,08	1,21		0,59	-0,18	1,20	
	2SN	0,63	-0,30	1,64		0,47	-0,31	1,10	
	3SN	0,35	-0,33	1,13	0,08	0,34	-0,35	1,12	<0,001

Trenden var betydligt mer uttalad för de högre frekvenserna (125-500 Hz) (Figur 4a och b).



Figur 4a. SI för de olika frekvenserna i förhållande till besvär. a) Män, b) kvinnor.

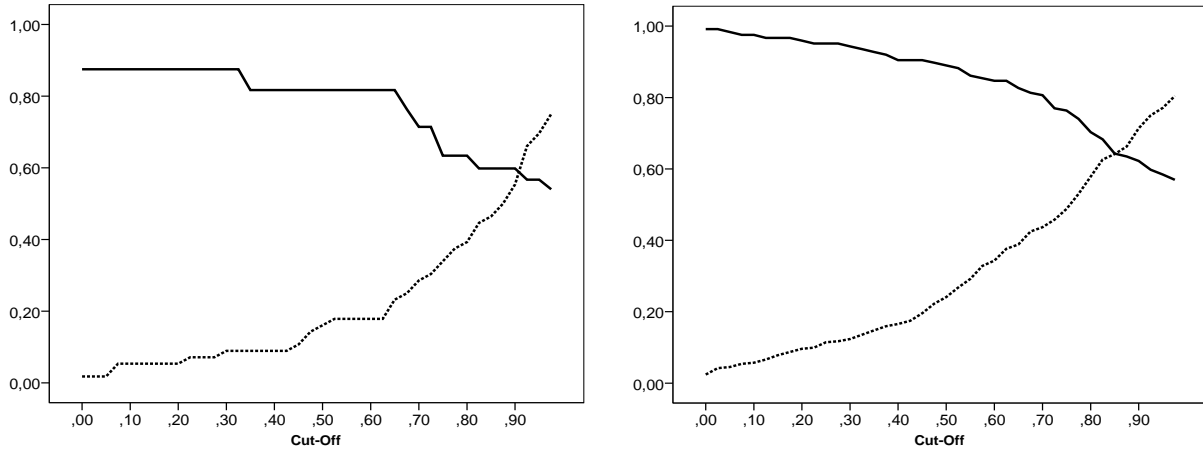
Det fanns emellertid en mycket stor överlappning mellan de olika skalstegen (Figur 5). Personer som t.ex. hade symtom av grad 3SN hade i vissa fall helt normal SI. Figuren visar män och kvinnor sammanslagna, och mönstret var i stort likadant för de respektive könen.



Figur 5. Antal personer med olika SI värden i förhållande till olika graderingar på symtomskalan. Män och kvinnor sammanslagna.

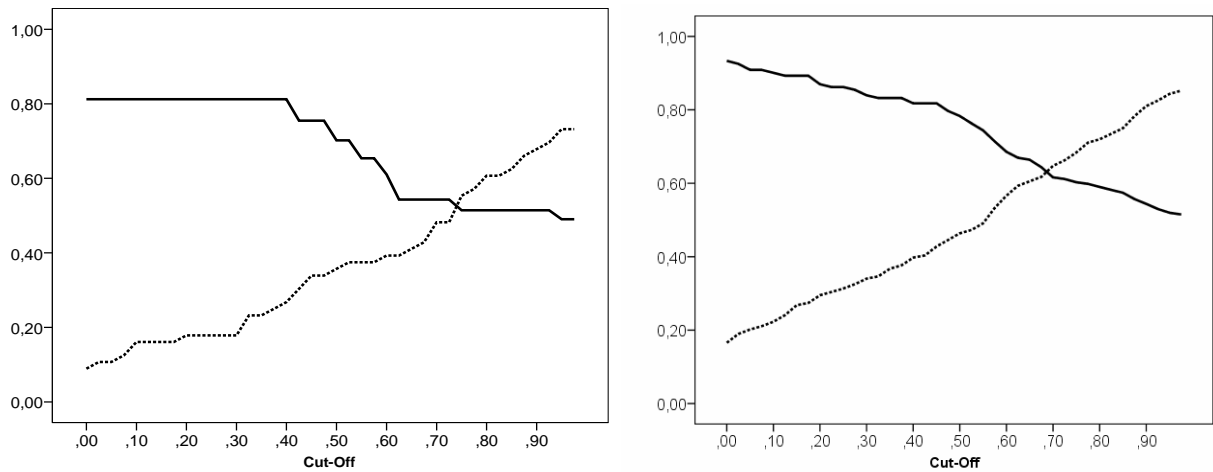
På grund av den stora överlappningen var det inte möjligt att med hjälp av diskriminantanalys avgöra vilka SI värden som ses vid olika symtom. Med den metoden kunde vi därför inte heller avgöra om en förkortad version med färre frekvenser inräknade skulle kunna räcka som screeningmetod.

Med den neurologiska symtomskalan som utfallsvariabel testades sensitivitet/specificitet för SI och de enskilda frekvenserna (Figur 6). För männen möttes kurvorna vid SI 0,8 där man fick såväl specificitet som sensitivitet på drygt 60%. Man måste alltså vara medveten om att man vid denna brytpunkt (som är den gängse) missar en stor andel personer med symtom. För kvinnorna var också den optimala balansen mellan sensitivitet och specificitet drygt 60%, men brytpunkten låg vid 0,9. Vid låga frekvenser, under 125 Hz möttes kurvorna istället vid 70%.



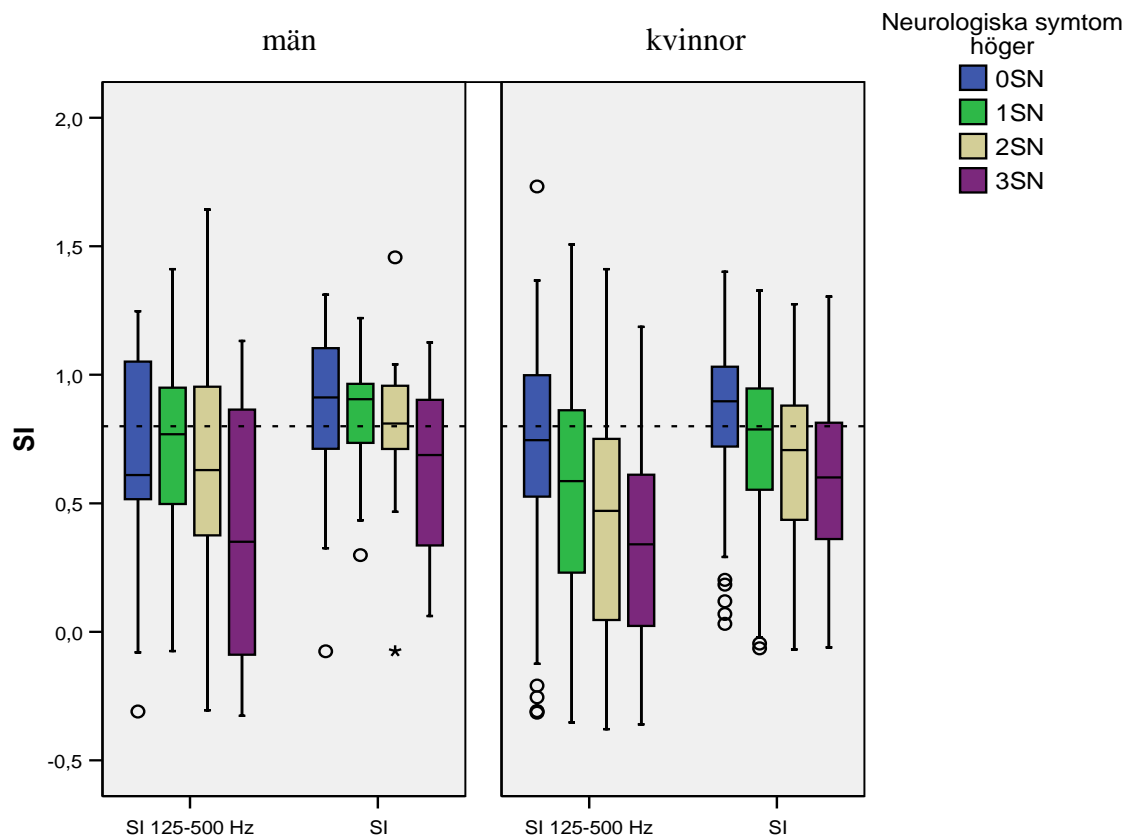
Figur6. Sensitivitet (pricka linje) och specificitet (heldragen linje) för SI. Kvinnor till vänster, män till höger. 1,0 på y-axeln innebär 100%. På x-axeln anges cut-off.

Ett reducerat SI för bara tre frekvenser testades också. Eftersom vi sökte ett mått för screening vid tidiga besvär valde vi de tre högsta frekvenserna där vi ser tydligast nedsättningar vid lindriga besvär (jfr Tabell 4, Figur 4). Sensitiviteten och specificiteten var lika god för detta reducerade SI som för det totala (Figur 7).



Figur 7. Sensitivitet (prickad linje) och specificitet (heldragen linje) för ett reducerat SI värde med 3 frekvenser. Kvinnor till vänster, män till höger. 1,0 på y-axeln innebär 100%. På x-axeln anges cut-off (CO).

Det reducerade SI värdet uppvisade större förändringar än det ursprungliga mellan symptomgrupperna (Figur 8). Även i gruppen 0SN låg mer än hälften på SI under 0,8. Med det ursprungliga SI sågs mycket mindre förändringar.



Figur 8. SI i förhållande till neurologiska symtom för män och kvinnor. Reducerat SI baserat på tre frekvenser samt SI baserat på samtliga sju frekvenser. Streckad linje vid 0,8 varunder SI anses vara patologiskt.

Diskussion

Studien visar en viss osäkerhet i metoden, man får en liten skillnad mellan två mättillfällen. De som ingick i studien tillfrågades om förändringar i symtom, och om något anmärkningsvärt hänt mellan mättillfällena, samtliga förnekade detta. Skillnaden beror därför inte på förändringar i sjukdomsbilden. Det var något vanligare med sämre känsel vid andra tillfället. Samtliga var patienter vid kliniken och resultaten vid första undersökningen ingick i deras ordinarie utredning. Möjligen kan uppmärksamheten därför varit mer skärpt vid denna undersökning. Det fanns emellertid stor individuell variation, och för 40% var känseln i stället bättre vid andra tillfället. Detta innebär att små förändringar i vibrationskänsl mellan olika mättillfällen ska tolkas med viss försiktighet.

För SI var den genomsnittliga skillnaden 0,04 (SD 0,12). Då materialet är normalfördelat innebär detta att 67% av de undersökta personerna uppvisade en skillnad mellan första och andra mättillfället inom intervallet -0,08 (förbättring) till +0,16 (försämring). **Förändringar på mer 0,1 SI enheter är därför med stor sannolikhet sanna förändringar.**

För de enskilda frekvenserna var den genomsnittliga skillnaden i tröskelvärde mellan två mättillfällen -2 dB (SD 6). De högre frekvenserna visade en något större spridning (större SD) än de lägre. För enskilda frekvenser är därför förändringar över 5 dB troligen sanna.

I screeningverksamhet görs återkommande mätningar, och en trend över tid till det sämre, eller bättre, styrker naturligtvis resultaten även om skillnaderna är mindre än som ovan angivits. Vid osäkerhet på en enskilda mätning bör denna i första hand upprepas.

Studien visar också ett samband mellan neurologiska symtom enligt Stockholm workshopskalan vibrationskänsletrösklar. Ju mer symtom desto högre känsletrösklar och därmed desto större sänkningar av SI. Skillnaden mellan två steg på symtom skalan var ca 0,1 SI. Detta är således i samma storleksordning som de skillnader som uppmättes mellan två mättillfällen.

Det fanns samtidigt stor överlappning i SI mellan de olika skalstegen. Personer som t.ex. hade symtom av grad 3SN hade i vissa fall helt normal SI. Detta innebär att vibrationskänslmätning inte räcker som enda metod vid undersökning av vibrationsexponerade personer. Man måste också ta en noggrann anamnes avseende symtom, och sannolikt utvärdera känslan även med andra metoder (exempelvis sensorisk perception med Semmes Weinsteins monofilament, ej utvärderat i denna studie).

För att hitta alla sjuka personer i en population bör en metod ha hög sensitivitet. Ju lägre man väljer att lägga sin brytpunkt (gräns för normal/onormal), desto känsligare blir naturligtvis studien. Samtidigt vill man inte få med för många falskt sjuka, som egentligen är friska, och man bör där för välja en metod som samtidigt har en hög specificitet. Specificiteten ökar ju högre man sätter brytpunkten. I studien studeras metodens sensitivitet/specificitet med antagandet att personer med symtom enligt Stockholm workshopskalan (1SN-3SN) är sjuka och personer utan symtom (0SN) är friska. För män optimeras balansen vid SI 0,8. Detta är just den brytpunkt som normalt används för att avgöra om ett taktilogram är normalt eller patologiskt, således enligt denna studien en väl vald brytpunkt. Sensitiviteten och specificiteten är emellertid endast drygt 60% vid denna brytpunkt, vilket ytterligare understryker att man inte kan förlita sig på taktilogram som enda metod. Man kommer i så fall att missa en stor andel personer med besvär.

Ett viktigt syfte med studien var att värdera huruvida det är möjligt att reducera antalet uppmätta frekvenser när metoden används för screening. Detta skulle spara tid och minska kostnaden. På grund av stor överlappning i SI värden mellan personer med olika grad av symtom medgav inte studien någon reduktion av enskilda frekvenser med hjälp av diskriminantanalys, som ursprungligen avsetts. I stället testades ett reducerat SI baserat på de tre högsta frekvenserna. Detta visade lika goda egenskaper vad gäller sensitivitet och specificitet som det fullständiga. Med detta SI värde låg övervägande del av patienterna under 0,8, även de som klassificerats som besvärsfria enligt den Stockholmskalan. Hälften av dessa hade enligt journal cirkulatoriska symtom i form vita fingrar av varierande grad (Tabell 3). Övriga uppfyllde inte dessa kriterier, men var trots allt patienter vid en arbets- och miljömedicinsk klinik med frågeställning vibrationskada. Vi tolkar det faktum att de hade förändringar på de högsta frekvenserna, men relativt normala värden på övriga som tidiga tecken på vibrationspåverkan.

Vi anser oss därför kunna rekommenderat att screening utförs med endast tre frekvenser, 125, 250 och 500 Hz och att ett gemensamt SI värde för dessa räknas fram. Skulle man vid

screening upptäcka personer där detta värde är patologiskt bör man gå vidare med fullständigt SI.

Vi anser att metoden, särskilt med ett reducerat SI, är väl lämpad som en bland flera metoder för att upptäcka tidiga neurologiska funktionsstörningar som tecken på vibrationsskada. Den ger möjlighet att detektera nedsatt känsel bland personer som ännu inte själva märkt av det. Som ovan diskuterats räcker den dock inte som enda metod, även anamnesupptagning och ytterligare någon metod för känsel i fingrar bör ingå vid screeningundersökning. Detta ger möjlighet att i tid genomföra lämpliga åtgärder för att minska exponeringen och förhindra ytterligare skada.

Samarbete

Projektet har genomförs i samråd med Professor Göran Lundborg samt Dr Med Vet Birgitta Rosén vid handkirurgiska kliniken, Universitetssjukhuset i Malmö.

Kunskapsspridning

I enlighet med en författning från Arbetsmiljöverket ska personer som exponeras för handhållna vibrerande verktyg i arbetet hälsoundersökas regelbundet. Arbets- och miljömedicin arrangerar regelbundet återkommande utbildning av företagshälsovårdspersonal där resultaten kommer att spridas (främst vid företagssköterskeutbildning och företagsläkarutbildning). Dessutom kommer vi att rapportera resultaten vid de återkommande utbildningsdagar i screening av vibrationsexponerade som vi bedriver för företagshälsovårdspersonal.

Resultatet och våra rekommendationer kommer att diskuteras med övriga aktörer inom vibrationsforskning i samband med årliga konferenser där även tillverkaren av apparaturen deltar. Vi hoppas att de kommer att leda till att man rekommenderar ett reducerat SI för att metoden lättare ska kunna användas på stora grupper ute ”i fält”.

Resultaten kommer också att publiceras i internationell vetenskaplig tidskrift, samt i Arbets- och miljömedicins tidskrift *Bulletin* (www.med.lu.se/amm).

Tack till

Studien har finansierats av AFA Försäkring. Anita Ohlsson har gjort en stor administrativ insats med journalhantering och databashantering.

Referenser

- Arbetsmiljöverket. (2005a). Arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna. AFS 2005:15.
http://www.av.se/lagochratt/afs/afs2005_15.aspx
- Arbetsmiljöverket. (2005b). Arbetsmiljöverkets föreskrifter om medicinska kontroller i arbetslivet och allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna. AFS 2005:6
http://www.av.se/lagochratt/afs/afs2005_06.aspx
- Brammer, A. J., Taylor, W., & Lundborg, G. (1987). Sensorineural stages of the hand-arm vibration syndrome. *Scand J Work Environ Health*, 13(4), 279-283.
- Chong, P. S., & Cros, D. P. (2004). Technology literature review: quantitative sensory testing. *Muscle Nerve*, 29(5), 734-747.
- Ekenvall, L., Hagberg, M., Lundborg, G., & Lundström, R. (1991). Att förebygga vibrationsskador. Stockholm: Arbetsmiljöfonden.
- EU. (2002). Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/44/EG, av den 25 juni 2002, om minimumkrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysisk agens (vibration) i arbetet (sextonde särdirektivet enligt artikel 16.1 i direktiv 89/391/EEG). *Europeisk gemenskapernas officiella tidning*(L 177, 06.07.-2002), 13-19.
- Gemne, G., Brammer, A. J., Hagberg, M., Lundström, R., & Nilsson, T. (1995). Stockholm Workshop '94 Hand-Arm Vibration Syndrome. Diagnostics and Quantitative Relationships to Exposure May 25-28, 1994. *Arbete och Hälsa* 1995:05.
- Gerhardsson, L., Balogh, I., Hambert, P. A., Hjortsberg, U., & Karlsson, J. E. (2005). Vascular and nerve damage in workers exposed to vibrating tools. The importance of objective measurements of exposure time. *Appl Ergon*, 36(1), 55-60.
- Hjortsberg, U., Rosen, I., Orbaek, P., Lundborg, G., & Balogh, I. (1989). Finger receptor dysfunction in dental technicians exposed to high-frequency vibration. *Scand J Work Environ Health*, 15(5), 339-344.
- Lundborg, G., Dahlin, L. B., Lundström, R., Necking, L. E., & Strömberg, T. (1992). Vibrotactile function of the hand in compression and vibration-induced neuropathy. Sensibility index--a new measure. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 26(3), 275-279.
- Lundström, R. (2002). Neurological diagnosis--aspects of quantitative sensory testing methodology in relation to hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*, 75(1-2), 68-77.
- Lundström, R., Strömberg, T., & Lundborg, G. (1990). Taktilometri för diagnostik av sensoriska neuropatier. Sammanställning av referenströsklar. *Arbete och Hälsa* 1990:24.
- Lundström, R., Strömberg, T., & Lundborg, G. (1992). Vibrotactile perception threshold measurements for diagnosis of sensory neuropathy. Description of a reference population. *Int Arch Occup Environ Health*, 64(3), 201-207.
- Nilsson, T. (2002). Arbete med handhållna vibrerande maskiner och skadlig exponering. In Westerholm, P. (Ed.), *Arbetsjukdom -skadlig inverkan - samband med arbete. Arbete och Hälsa* 2002:15. Stockholm: Arbetslivsinstitutet.
- SCB. (2002). Arbetsmiljön 2001. Sveriges officiella statistik(AM 68 SM 0201, ISSN 0082-0237).
- SCB. (2003). Arbetsorsakade besvär 2003. Sveriges officiella statistik(AM 43 SM 0301, ISSN 0082-0237).

- SIS . (2003). Vibration och stöt – Vibrotaktil förnimmelseträns för bedömning av nedsatt nervfunktion – Del 2: Analys och tolkning av mätningar I fingertopparna. Svensk standard SS-ISO 13091-2. Swedish Standards Institute, Stockholm.
- Strömberg, T., Dahlin, L. B., & Lundborg, G. (1996). Hand problems in 100 vibration-exposed symptomatic male workers. *J Hand Surg [Br]*, 21(3), 315-319.
- Åkesson, I., Lundborg, G., Horstmann, V., & Skerfving, S. (1995). Neuropathy in female dental personnel exposed to high frequency vibrations. *Occup Environ Med*, 52(2), 116-123.