



Rapport från Yrkes- och miljömedicin nr 95

Vibrationsexponering vid användning av ortopedkirurgisågar

Per Jonsson¹, 1:e yrkeshygieniker
Lage Burström², professor
Mats Hagberg¹, professor, överläkare

1. Yrkes- och miljömedicin, Göteborg
2. Arbetslivsinstitutet, Umeå

Göteborg, april 2002

ISSN 1650-4321
ISBN 91-7876-094-1

Yrkes- och miljömedicin

S:t Sigfridsgatan 85
412 66 Göteborg

Telefon

Telefax

E-post

Hemsida

031 – 343 81 98

031 – 40 97 28

yrkesmedicin@ymk.gu.se

www.ymk.gu.se

Förord

Vi fick till Yrkes- och miljömedicin inom en kort tidsperiod mellan 1999 och 2000 remisser på fyra patienter som var ortopedkirurger med misstänkta vibrationsrelaterade besvär. Det fanns ingen vägledning till att bedöma exponering för hand/armvibrationer hos ortopedkirurger i befintlig vetenskaplig litteratur. Detta ledde till att en utökad exponeringsbedömning utfördes. Även denna utökade exponeringsbedömning har begränsningar då antalet studerade ortopedkirurger är lågt, vidare har den reella mätningen av vibrationsnivåer under pågående operation pga. resurser begränsats till en enda mätning. Vanligtvis när vi gör exponeringsbedömningar på vår yrkes- och miljömedicinska klinik läggs dessa bedömningar i patientens journal. Men då dessa mätningar och bedömningar kan komma andra till del och kanske minska eventuellt skadlig exponering hos ortopedkirurger väljer vi att publicera dessa data.

Vi vill rikta ett tack till personalen på ortopedoperation, Östra sjukhuset, Göteborg och centraloperation, Mölndals sjukhus (MS), Mölndal som tjänstvilligt ställt resurser till förfogande utan vilka dessa unika mätningar inte kunnat göras. Tack också till assistent Gunnel Garsell som har redigerat rapporten.

Göteborg den 29 april 2002

Mats Hagberg
Professor/överläkare/sektionschef

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	5
<i>Bakgrund och syfte</i>	6
<i>Material och metoder</i>	8
Bedömning av exponeringstider och arbetsteknik vid artroplastik	8
Vibrationsmätprocedur vid simulerad kirurgisågning	8
Orienterande vibrationsmätning - Förberedande arbetsplatsbesök	8
Orienterande vibrationsmätning på nya ortopedkirurgisågar - Arbetsplatsbesök ..	10
Orienterande vibrationsmätning före mätningen under knäledsprotosoperation....	13
Vibrationsmätprocedur vid sågning under reell knäledsprotosoperation	14
<i>Resultat</i>	16
Exponeringstider och arbetsteknik vid artroplastik	16
Vibrationsnivåer vid simulerad bensågning	18
Orienterande vibrationsmätning - Förberedande arbetsplatsbesök	18
Orienterande vibrationsmätning på nya ortopedkirurgisågar – Arbetsplatsbesök..	18
Orienterande vibrationsmätning före mätning under knäledsprotosoperation	22
Vibrationsnivåer vid sågning under reell knäledsprotosoperation	23
Kommentarer från kirurgen efter operationen.....	23
Vibrationsnivåer	24
Gränsvärden och standarder	25
Riskvärdering	26
<i>Diskussion</i>	28
Sammanfattning av diskussionen	31
<i>Referenser</i>	36

Sammanfattning

Under år 1999 och 2000 inremitterades fyra manliga ortopedkirurger med besvär i händerna som kunde vara orsakade av både kärlskada och av neurologisk skada och frågeställningen var om dessa besvär var relaterade till vibrationsexponering i arbetet. Syftet med undersökningen var att uppskatta exponeringsnivåer och exponeringstider vid användande av ortopedkirurgisågar vid artroplastik. Alla mätningar och observationer utfördes på två manliga ortopedkirurger, andra än de inremitterade. Bedömningen gjordes genom videofilmning av två höft- och tre knäledsprotosoperationer. Vid den tredje knäoperationen registrerades även hand/armvibration. Summavektorn för handvibrationen uppmättes till $8,5 \text{ m/s}^2$ enligt ISO 5349 Draft International Standard 2001. Den dagliga exponeringstiden är kort, under två knäledsprotosoperationer samma dag uppmättes en sammanlagd tid om 9 minuter. Självrapporterad användningstid var cirka 30 minuter per dag enligt tre av de fyra remitterade kirurgerna. Underlaget för den internationella riskbedömningen bygger på självrapporterade exponeringstider. $8,5 \text{ m/s}^2$ under 9 minuter motsvarar en 8-timmars ekvivalentnivå på $1,2 \text{ m/s}^2$ och 30 minuter per dag motsvarar en 8-timmars ekvivalentnivå på $2,1 \text{ m/s}^2$. Vi kan konstatera att det ännu inte finns direkta vetenskapliga bevis för att ortopedkirurger som utsätts för vibrationer motsvarande en 8-timmars ekvivalentnivå på $1-2 \text{ m/s}^2$ har ökad risk för kärl- och nervskador. Flera studier talar ändå för att samband kan finnas mellan en vibrationsexponering på $1-2 \text{ m/s}^2$ (8-timmars ekvivalentnivå) och skador i form av vaskulära och sensoriska störningar. Det finns behov av studier avseende hälsoeffekter av vibrationsexponering hos ortopedkirurger.

Bakgrund och syfte

Under år 1999 och 2000 inremitterades fyra manliga ortopedkirurger från klinikens upptagningsområde som är Västra Götalandsregionen och norra Halland. Dessa ortopedkirurger hade besvär i händerna som kunde vara orsakade av både kärlskada och av neurologisk skada. Frågeställningen var om dessa besvär var relaterade till vibrations-exponering i arbetet. Det som utmärkte de fyra ortopedkirurgerna var att samtliga under en stor del av arbetet utförde artroplastik, dvs. de opererade knä- och höftledsproteser på sina patienter. De symtom som de fyra ortopedkirurgerna hade var både domningar i händer och Raynaudfenomen (vita fingrar) av typen att ett eller flera fingrar bleknar vid exponering för kyla och fukt (tabell 1).

Tabell 1. Exponering, besvär och andra bidragande orsaker hos de fyra artroplastikopererande ortopedkirurgerna. De fyra männen var i åldern 50-60 år. Raynaud = vita fingrar.

Ortoped	Exponering	Debut av besvär	Andra bidragande orsaker
1	1982 debut maskinexponering cirka 2,5 tim/vecka. 10 artroplastiker per vecka, 15 minuter fräs och 1 minut såg per operation.	1989 Domningar dig III, 1992 Raynaud dig II och III höger och dig II vänster.	---
2	1980 debut maskinexponering 2,5 tim/vecka.	1994 Domningar dig II-V höger och vänster. Raynaud dig II-IV höger och vänster	---
3	1984 debut maskinexponering cirka 2,5 tim/vecka = 30 minuter x 4-6 operationer per vecka.	1998 Raynaud dig II och III höger och vänster.	---
4	1980 debut maskinexponering cirka 1 tim/vecka.	1997 domningar dig I och II höger hand.	Cervikal rizopati ? Inklämning av nerv(er) i halsryggraden.

Ansamlingen hos oss av fyra ortopedkirurger med likartade symtom och möjlig hög exponering gjorde att vi beslutade att undersöka vibrationsexponering vid användning av ortopedkirurgisågar.

Syftet med undersökningen var att uppskatta exponeringsnivåer och exponeringstider vid användande av ortopedkirurgisågar vid artroplastik. De specifika frågeställningarna var:

1. Vilka vibrationsnivåer förekommer i ortopedkirurgisågar?
2. Skiljer sig vibrationsnivån vid simulerad ortopedkirurgisågsanvändning och reell ortopedkirurgisågsanvändning?
3. Vilka vibrationsexponeringstider förekommer vid artroplastik?
4. Skiljer sig arbetsteknik vid användning av ortopedkirurgisåg mellan ortoped?

Material och metoder

Alla mätningar och observationer utfördes på två manliga ortopedkirurger, andra än de inremitterande.

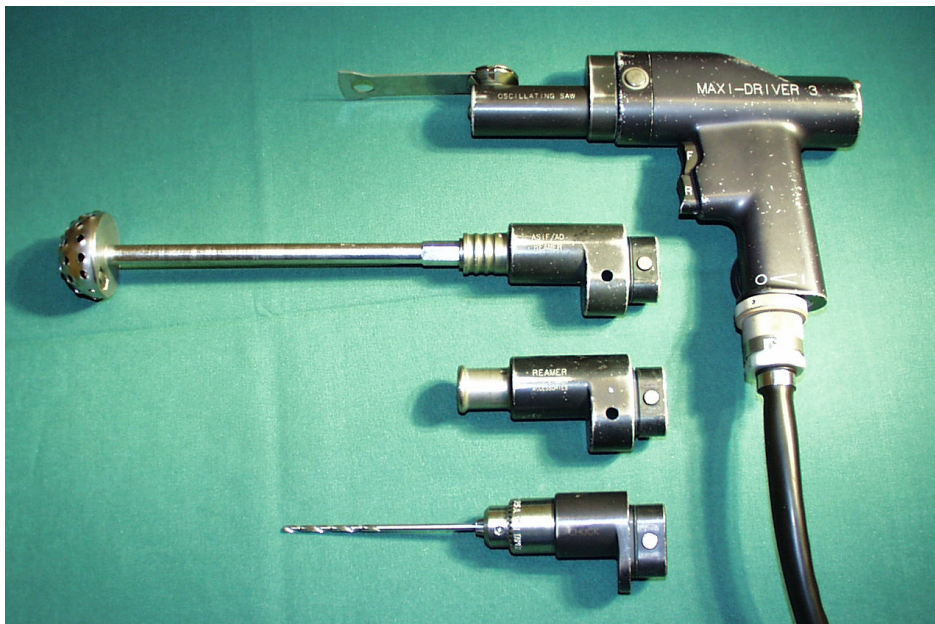
Bedömning av exponeringstider och arbetsteknik vid artroplastik

För att korrekt mäta de korta tidsperioder som kirurgsågar används och vibrerar under en operation filmades under oktober 2000 till januari 2001 två höftledsprotosoperationer och tre knäledsprotosoperationer på ortopedoperation, Östra sjukhuset, Göteborg. Tre digitala videokameror, SONY DV 7, varav två på stativ användes. Den sammanlagda tiden som sågen var aktiverad i kirurgens hand klockades därefter med tidtagarur.

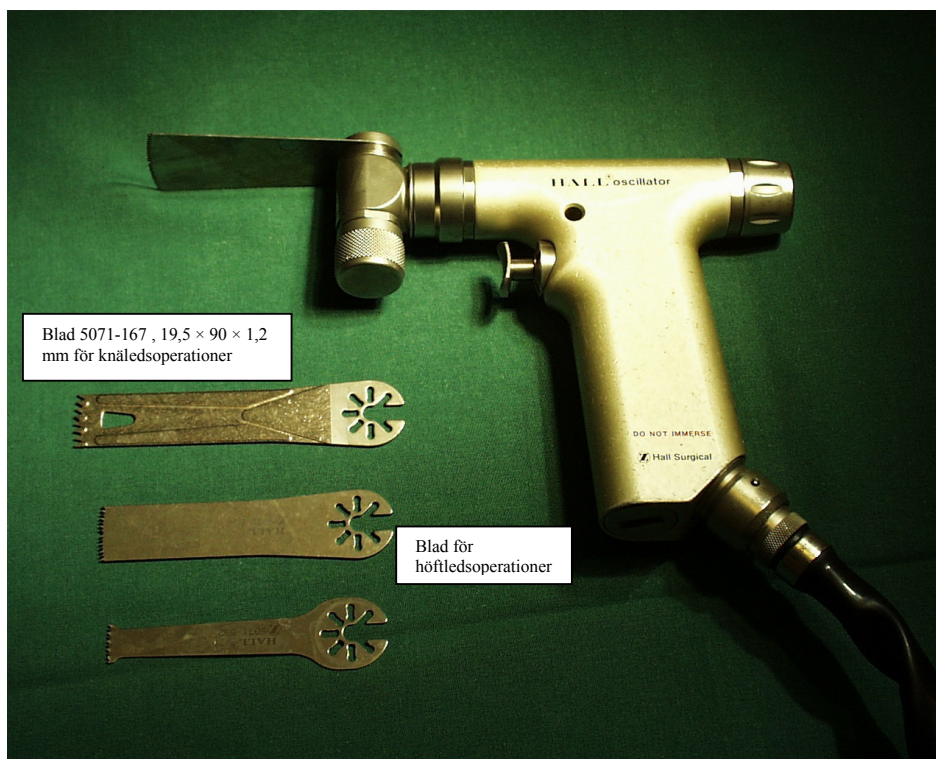
Vibrationsmätprocedur vid simulerad kirurgsågning

Orienterande vibrationsmätning - Förberedande arbetsplatsbesök

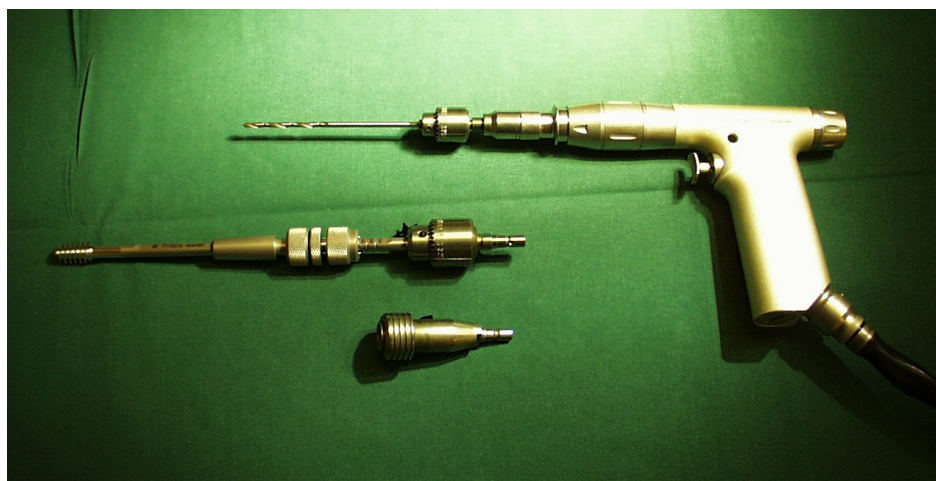
Digital videofilmning och fotografering gjordes april 2000 på ortopedoperation, Östra sjukhuset, Göteborg. En operationssköterska demonstrerade tryckluftsdrivna maskiner som används vid ortopedkirurgi. Figur 1, 2 och 3 visar de uppmätta maskinerna MAXI-DRIVER 3, Hall Oscillator 5044 och Hall drill/reamer.



Figur 1: MAXIDRIVER 3 med olika adapt. Från ovan; såg, fräs och borrchuck.



Figur 2: Hall Oscillator 5044 med olika sågar.



Figur 3: Hall drill/reamer med olika verktyg.

Vibrationsmätning:

Momentanmätningar med vibrationsmätaren Bruel & Kjør (B&K) 2513 gjordes. Givaren B&K 4393 tejpades på manöverhandtaget. Olika placering av givaren provades och

maximal frekvensvägd vibration-accelerationsnivå i dominerande vibrationsriktning nära handen uppmättes (tabell 4). Maskinerna kördes i tomgång med olika tillsatser, adept, utan att bearbeta material.

Orienterande vibrationsmätning på nya ortopedkirurgisågar - Arbetsplatsbesök

Fotografering gjordes maj 2000 på centraloperation, Mölndals sjukhus. Maskinrepresentanter från AESCULAP, STRYKER och ZIMMER, HALL deltog. Figur 4, 5 och 6 visar de uppmätta maskinerna från AESCULAP, STRYKER och HALL.



Figur 4: AESCULAP, el- & tryckluftsdrevna maskiner.



Figur 5: STRYKER, ackumulatordrivna maskiner.



Figur 6: HALL, elsladd-drivna maskiner.

Vibrationsmätning och ljudnivåmätning:

En van kirurg bearbetade olika djurben med de nya maskinerna under någon minut med olika sågblad. Momentanmätningar med vibrationsmätaren B&K 2513 gjordes. Givaren B&K 4393 var försedd med ett cirka 1 mm tjockt gummimellanlägg som mekaniskt filter och hölls under handen mot maskinhandtaget. Intervallet för den frekvensvägda vibration-accelerationsnivån uppmättes (tabell 5).

Ljudnivåmätning med instrumentet L&D 712 och mikrofonen fäst nära örat gjordes. Efter valfri tidsperiod avlästes ekvivalentnivån $L_{eq(A)}$ och redovisas i tabell 5.

Orienterande vibrationsmätning före mätningen under knäledsprotosoperation

Mätningen gjordes september 2001 i laboratorium på Arbetslivsinstitutet, Umeå. Syftet var att utprova lämpligt givarmontage inför mätningen under protosoperation. Tomgångskörning och sågning i trä gjordes. Figur 7 visar den uppmätta HALL OSCILLATOR 5044 med givarmontage och definition av vibrationsriktningarna i enlighet med ISO 5349-1.



Figur 7 Givarmontaget och de tre huvudriktningarna X_h , Y_h , Z_h för kirurgsågen HALL OSCILLATOR 5044.

Vibrationsmätprocedur vid sågning under reell knäledsprotosoperation

Digital videofilmning gjordes. Mätningen gjordes januari 2001 på ortopedoperation, Östra sjukhuset, Göteborg

Vibrationsmätning gjordes på den tidigare uppmätta HALL OSCILLATOR 5044 med sågblad HALL Oscillator blade 5071-167, $19,5 \times 90 \times 1,2$ mm under knäledsprotosoperation. Före mätningen visades ett mätprotokoll för ansvarig personal.

Givarmontering framgår av figur 7. En plan yta har frästs på sågmaskinens vänstra sida av pistolgreppet, närmast slangnippeln. Hål har borrats och gängats i ytan. En metallkub har skruvats fast på ytan. Tre givare av fabrikatet Endevco 2226C limmades med cyanoakrylatlim på kubens vinkelräta ytor till vilka separata kablar à cirka 3,5 m anslöts.

Sterilisering:

Sågmaskin, givarmontage och kablar stoppades in i en STERAD-apparat under totalt 52 minuter. Temp 47° - 49° , väteperoxid, vakuum 397 mTorr i 20 min. Maskinen skyddades sedan på rutinmässigt sätt.

Före mätning:

Patienten som opererades informerades av personalen om mätningen och tilläts kommentera. Förstärkare (B&K 2635) och DAT-bandspelare (Sony PC A204) anslöts till givarkablarna. Övre gränshfrekvens vid mätningarna var 6000 Hz. All teknisk utrustning drevs med batteri och uppfyller kraven på patientsäkerhet. Kirurgsågen med anslutna kablar placerades på rutinmässig plats vid operationsbordet. Bandspelaren och förstärkaren med anslutna kablar placerades utanför operationsområdet.

Mätning:

Ortopedkirurgen hanterade sågen och utförde rutinmässig sågning under en knäledsprotosoperation. Sågen förväntades arbeta cirka 5 minuter. Bandregistrering gjordes under hela sågens användningstid.

Efter mätningen:

Ortopedkirurgisågen , givarmontage och kablar rengörs rutinmässigt. Analys av registrering gjordes på Arbetslivsinstitutets laboratorium i Umeå.

Resultat

Exponeringstider och arbetsteknik vid artroplastik

Kirurgen vid de två höftledsprotosoperationerna var verksam i medeltal 1,6 timma och den uppmätta tiden som sågen vibrerade i handen var 31 sekunder i medeltal. (tabell 2)

Tabell 2. Höftledsprotosoperationer, uppmätta tider.

Operation	Total kirurgtid	Tid med ”Reamer”^{*)}	Tid med kirurgsåg
1	1 timma 23 minuter	2 minuter 28 sekunder	22 sekunder
2	1 timma 50 minuter	1 minuter 57 sekunder	40 sekunder

^{*)} ”Reamer” = fräs.

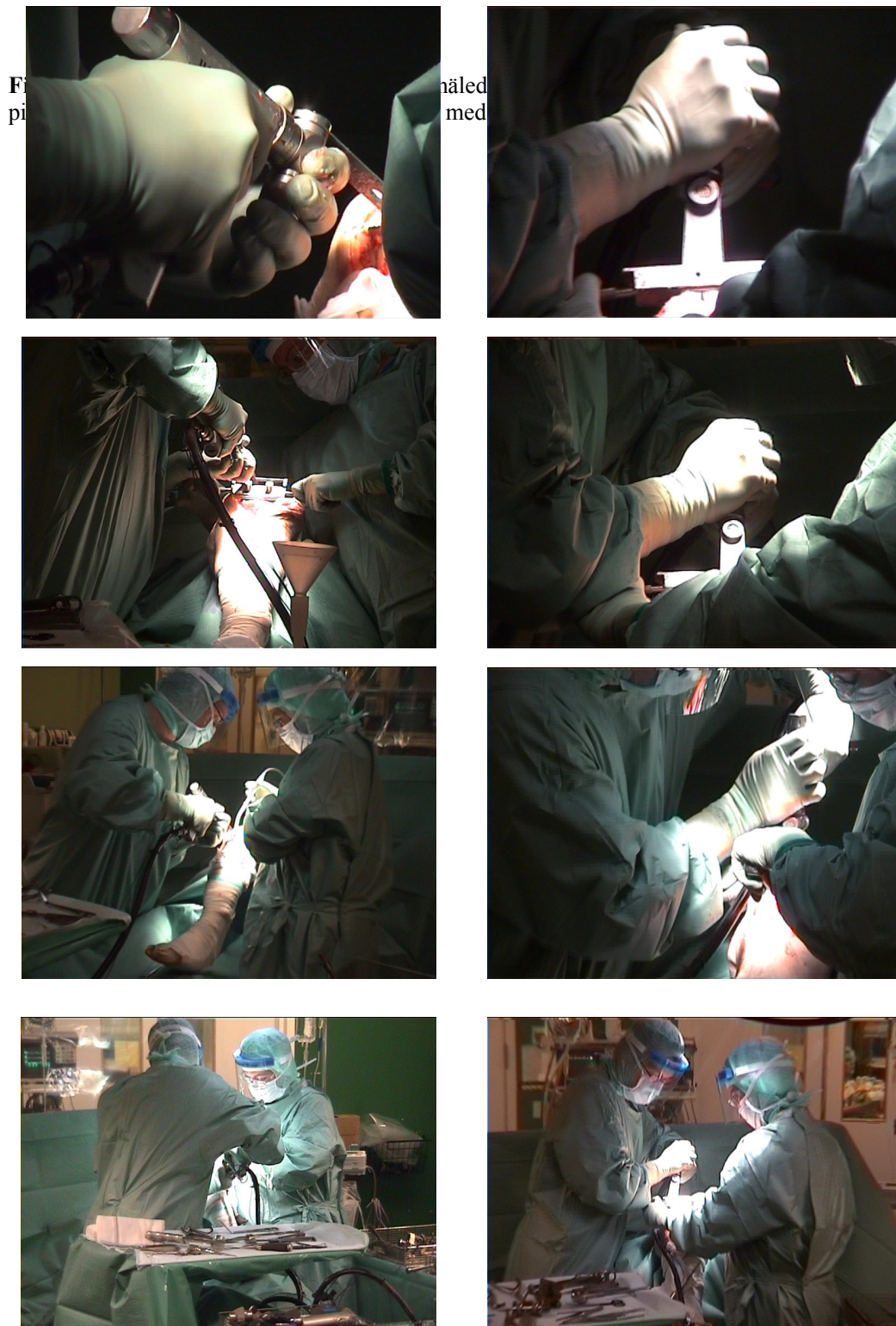
Kirurgerna vid de tre knäledsprotosoperationerna var i medeltal verksamma 1,2 timma och den uppmätta tiden som sågen vibrerade i handen var 3,9 minuter i medeltal. (tabell 3). Vid den tredje knäoperationen håller kirurgen manöverhandtaget med omväxlande höger och vänster hand. Arbetet innebar kraftgrepp med händerna och belastande arbetsställningar (figur 8).

Tabell 3. Knäledsprotosoperationer, uppmätta tider.

Operation	Total kirurgtid	Tid med kirurgsåg
1	1 timma 13 minuter	4 minuter 30 sekunder.
2	1 timma 15 minuter	4 minuter 27 sekunder
3 ^{*)}	1 timma 9 minuter	2 minuter 42 sekunder^{**)}

^{*)} Annan kirurg än vid föregående mätningar.

^{**)} Av denna tid greppade vänster hand manöverhandtaget 56 sekunder övrig tid höger hand.



Vibrationsnivåer vid simulerad bensågning

Orienterande vibrationsmätning - Förberedande arbetsplatsbesök

Vibrationsnivån för ortopedkirurgisågarna MAXI-DRIVER 3 och HALL Oscillator 5044 uppmättes i dominerande vibrationsriktning till 5,3 m/s² respektive 15,8 m/s² medan summavektorn uppskattades till 7,2 m/s² respektive 17,7 m/s² (tabell 4). Borrar och fräsar uppvisade obetydliga nivåer. Stora variationer mellan olika givarplaceringar och givarriktningar noterades under mätningen.

Tabell 4. Orienterande vibrationsmätning - Förberedande arbetsplatsbesök.

Beteckning Tryckluftsdrivna maskiner	Verktyg	Vibrations- summovektor^{*)} i tomgång	Motsvarande maximal rekommenderad^{**) daglig användningstid enligt EUs åtgärdsnivå.}
MAXIDRIVER 3	Adept: Oscillating Saw. Blade: 413	7,2 m/s²	59 minuter/dag
	Adept: Reamer ASIF/A0 med lång fräs	0,4 m/s²	>> 8 timmar/dag
	Adept: Jacobs Chuck med lång borr	0,6 m/s²	>> 8 timmar/dag
HALL Oscillator 5044	Såg 5071-556	17,7 m/s²	10 minuter/dag
Hall Drill/reamer	Fräs	0,4 m/s²	>> 8 timmar/dag
	Borr	0,1 m/s²	>> 8 timmar/dag

*) Endast den dominerande vibrationsriktningen har uppmätts. Summavektorn har här schablonmässigt antagits vara 1,35 gånger högre [1]. För HALL Oscillator 5044 har den av oss kända faktor 1,1 används.

**) EUs förslag 2,5 m/s² för 8-tim ekvivalentnivå (*Action value*) dec 2000: $T[\text{timma/dag}] = \frac{50}{a_{\text{vektorsumma}}^2}$

Orienterande vibrationsmätning på nya ortopedkirurgisågar – Arbetsplatsbesök

Summavektor mellan 0,8 m/s² och 28 m/s² uppmättes. Det fanns en tendens till att tryckluftsmaskiner ger högre nivåer än elektriska och att grovtandade sågblad ger högre nivåer. (tabell 5). Ljudnivåer mellan 74 dB_(A) och 88 dB_(A) registrerades (tabell 5 och 6).

Tabell 5. Orienterande vibrationsmätning och ljudnivåmätning på nya kirurgisågar.

Maskin	Verktyg	Vibrations- summavektor ^{*)}	Motsvarande maximal rekommenderad ^{**)} daglig användningstid enligt EUs åtgärdsnivå.	Uppmätt ljudtrycksnivå Mättid [minut:sekund]
El-sladd-driven Oscillating Saw, AESCULAP GP 129	Fintandat blad	3,8 till 4,3 m/s²	2,7 till 3,5 timmar/dag	77,3 dB _A 1:25
	Grovt blad	5,4 till 28 m/s²	0,06 till 1,7 timmar/dag	81dB _A 0:41
Tryckluftsdriven Oscillating Saw, AESCULAP GA 440 Pistolgrepp, 18000 bpm (beats per minute)	Medelgrovt blad GL 685	1,1 till 1,4 m/s²	(27 till 43) timmar/dag	77,5 dB _A 0:44
	Fintandat kort blad GL 650	1,1 till 1,4 m/s²	(27 till 43) timmar/dag	79,5 dB _A 0:32
Tryckluftsdriven Oscillating Saw, AESCULAP GA 431 Rak modell, 14000 bpm	Medelgrovt blad GL 685	15 till 17 m/s²	0,17 till 0,22 timmar/dag	85,6 dB _A 1:01
	Fintandat kort blad GL 650	5,4 till 6,1 m/s²	1,4 till 1,7 timmar/dag	73,8 dB _A 1:28

Tabell 5, forts. Orienterande vibrationsmätning och ljudnivåmätning på nya kirurgsågar.

Maskin	Verktyg	Vibrations- summavektor ^{*)}	Motsvarande maximal rekommenderad ^{**)daglig användningstid enligt EUs åtgärdsnivå.}	Uppmätt ljudtrycksnivå Mättid [minut:sekund]
Batteridrivna Oscillating Saw, STRYKER, system S4, Sagital 4108. 12 500 cpm = 208 Hz	Gammalt grovt blad	5,4 till 6,8 m/s ²	1,1 till 1,7 timmar/dag	85,5 dB _A 1:24
	Nytt grovt blad	4,9 till 5,4 m/s ²	1,7 till 2,1 timmar/dag	85,7 dB _A 0:41
	Fintandat blad	3,8 till 4,9 m/s ²	2,1 till 3,5 timmar/dag	85,2 dB _A 0:32
	Annat grovt blad, 2108-183	2,4 m/s ²	8,5 timmar/dag	82 dB _A 1:35
El-sladd-drivna Oscillating Saw, HALL, Power Pro Osc, PRO 2300. 12000 3° bpm	Grovt blad, 5071-144	3,8 till > 7,6 ^{***)} m/s ²	< 0,9 till 3,5 timmar/dag	88 dB _A 2:09
	Fint blad, 5071-5571	0,8 till 1 m/s ²	(56 till 76) timmar/dag	82 dB _A 0:36

*) Endast den dominerande vibrationsriktningen har uppmätts. Summavektorn har här schablonmässigt antagits vara 1,35 gånger högre.

**) EUs förslag 2,5 m/s² för 8-timmars ekvivalentnivå (*Action value*) december 2000: $T[\text{timmar/dag}] = \frac{50}{a_{\text{vektorsumma}}^2}$

***) Instrumentet indikerade överstyrning av okänd anledning.

Svenskt gränsvärde för buller rörande hörselskaderisk:

Tabell 6. Svenskt gränsvärde för buller rörande hörselskaderisk.

Ekvivalent ljudnivå dB _(A)	Tillåten maximal daglig exponeringstid
85	8 tim
88	4
91	2
94	1
Osv	Osv

Kommentar till de orienterande mätningarna på nya maskiner:

Jämförelser mellan maskintyperna blir osäkra med denna starkt förenklade mätmetod.

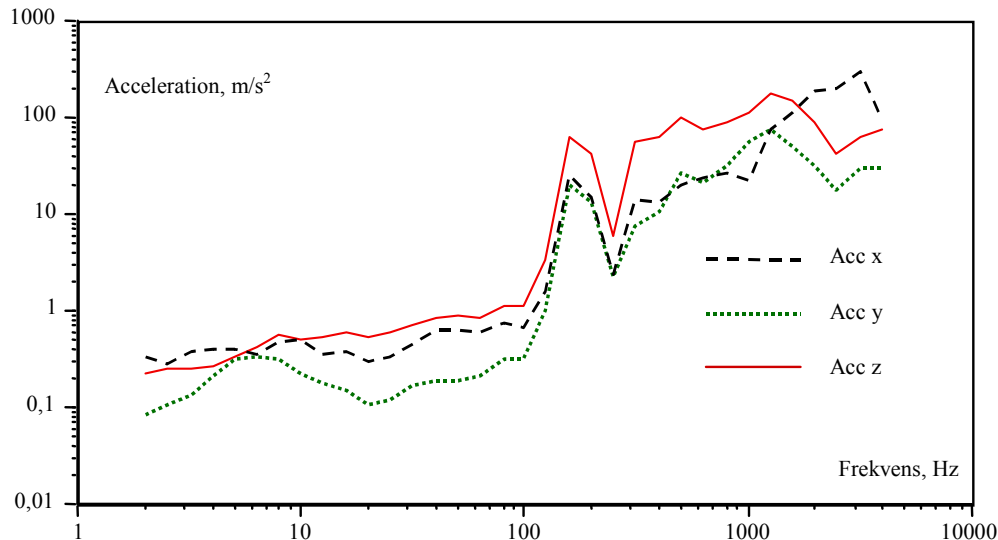
Felkällor i ordning:

1. Stora variationer mellan olika givarplaceringar och givarriktningar kan förväntas.
2. De olika fabrikaten bearbetade inte samma djurben.

Såväl under- som överskattningar av vibrationsnivån kan uppstå med den här valda givarmonteringen där givaren hölls löst mot handtaget. Vid kontroll, då givaren hölls mot en kalibrator, avlästes dock rätt nivå. Kalibratorfrekvensen 160 Hz överensstämde väl med grundfrekvensen för uppmätta maskiner.

Orienterande vibrationsmätning före mätning under knäledsprotosoperation

I figur 9 visas en-minutsmedelvärden av accelerationen som funktion av frekvensen för de tre huvudriktningarna X_h , Y_h , Z_h för ortopedkirurgisågen HALL OSCILLATOR 5044 vid bearbetning i trä. Bladets avverkningsriktning (Z_h) dominerar helt och den får en frekvensvägd acceleration av $9,3 \text{ m/s}^2$. Tabell 7 visar att de frekvensvägda vibrationernas summavektor är något lägre vid bearbetning ($10,4 \text{ m/s}^2$) jämfört med tomgång ($11,5 \text{ m/s}^2$).



Figur 9. Medelvärde av accelerationen för kirurgsågen HALL OSCILLATOR 5044 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna vid bearbetning i trä.

Tabell 7. Medelvärdet av uppmätt frekvensvägd vibrationsnivå i de tre huvudriktningarna samt summavektor för kirurgsågen HALL OSCILLATOR 5044 vid sågning i trä.

Kirurgsåg	Frekvensvägd acceleration [m/s^2]			Summavektor	Rekommenderad tid*) enligt EUs åtgärdsnivå
	X_h	Y_h	Z_h		
Tomgång	3.9	3.1	10.3	11.5	23 minuter/dag
Bearbetning i trä	3.5	2.8	9.3	10.4	27 minuter/dag

*) EUs förslag (*Action value*) dec 2000: $T[\text{timma/dag}] = \frac{50}{a_{\text{vektorsumma}}^2}$

Vibrationsnivåer vid sågning under reell knäledsprotosoperation

Kommentarer från kirurgen efter operationen

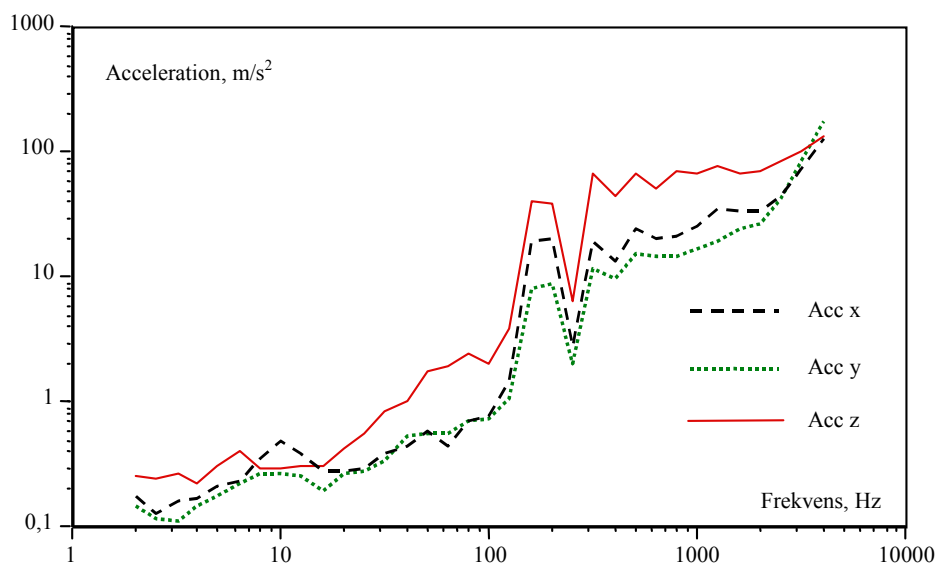
Den insatta protesen var av en vanlig typ som används över hela landet. Patientens ben var skörare än normalt och därför mera lättsågat vilket medförde 10–15 % kortare sågtid än vanligt. Kirurgen uppskattar själv aktiv sågtid till 5–10 minuter/knäprotes och 0,5 minut/höftprotes. Jämförelser kan göras med tiderna under rubriken” Resultat -

Arbetsteknik och exponeringstider”. Kirurgen var högerhänt och kunde hålla maskinen normalt trots givarmontaget. För att komma åt greppade han omväxlande med höger och vänster hand om manöverhandtaget, den andra handen greppade vid maskinens sågfäste eller om maskinkroppen. Han stöder inte sågbladet med fingrarna vilket han anser onödigt även om detta teoretiskt dämpar svängningar i bladet och skulle kunna ge ett bättre snitt. Han anser att sågen skakar mer än ”reamern” (roterande fräs) som bara kan förnimmas.

Vibrationsnivåer

I figur 10 redovisas accelerationen som funktion av frekvensen för de tre huvudriktningarna X_h , Y_h , Z_h där medelvärden anges för de 162 sekunder (2 min 42 sekunder) när sågen var aktiv under knäoperationen.

Som framgår av figur 10 ökar accelerationen med frekvensen. Vidare framgår att de högsta accelerationerna orsakas i bladets avverkningsriktning (Z_h) medan Y_h -riktningen (maskinens vibrationer i sidled) ger den lägsta accelerationen.

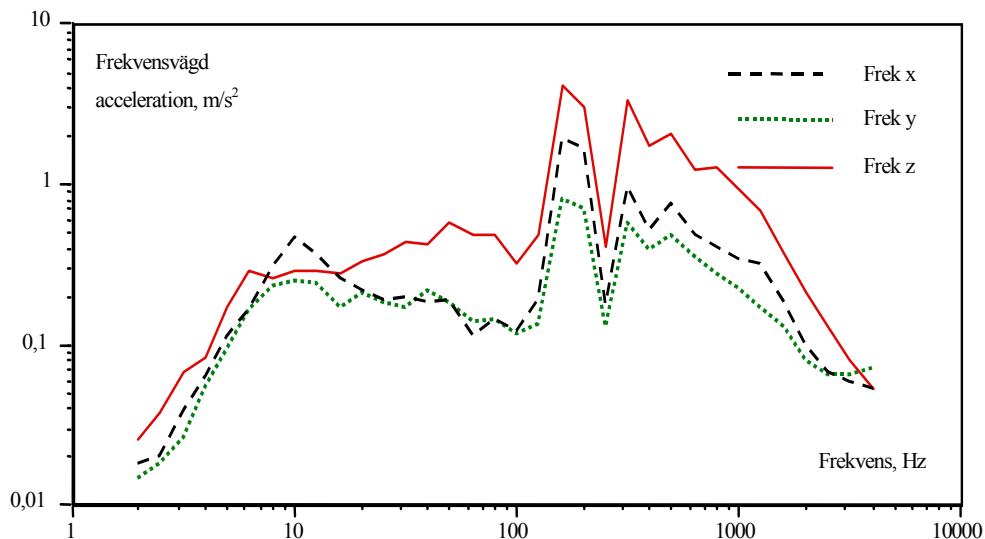


Figur 10. Medelvärde av accelerationen för kirurgsågen HALL OSCILLATOR 5044 under knäledsprotosoperation som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.

Gränsvärden och standarder

Vid en hygienisk bedömning av risken för uppkomst av olika besvär bygger den svenska och internationella standarden för handöverförda vibrationer [7, 8] på beräkning av frekvensvägd vibrationsnivå. Frekvensvägningen görs för att efterlikna människans känslighet för vibrationer.

Av figur 11 framgår att de högsta frekvensvägda accelerationerna erhålls vid maskinens bearbetningsfrekvens, alltså vid cirka 150 Hz. I tabell 8 presenteras medelvärdet av den summerade frekvensvägda accelerationen inom frekvensområdet 2 till 4000 Hz för de tre huvudriktningarna. Vidare redovisas summerad acceleration för alla tre riktningar, den så kallade summavektorn. Av tabellen framgår dessutom riktvärdet för maximalt rekommenderad daglig exponeringstid. Detta riktvärde har beräknats utifrån EUs förslag till direktiv [3]: Om summavektorn $2,5 \text{ m/s}^2$ (*Action value*) överskrids under 8 timmar skall åtgärder sättas in, såsom att minska exponeringen och att utföra medicinsk övervakning.



Figur 11. Medelvärde av *frekvensvägd* acceleration på huvudhåndtaget för kirurgsågen HALL OSCILLATOR 5044 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.

Tabell 8. Medelvärde av uppmätt frekvensvägd vibrationsnivå i de tre huvudriktningar samt summavektorn för kirurgsågen HALL OSCILLATOR 5044 under pågående knäledsprotosoperation. Vidare anges riktvärdet för maximal daglig exponeringstid beräknats utifrån EUs förslag till direktiv.

Kirurgsåg	Acceleration [m/s^2]			Summavektor a_v	Riktvärde maximal daglig exponeringstid ^{*)}
	X_h	Y_h	Z_h		
Sågning i knäled	3.3	1.7	7.6	8.5	41 minuter/dag

*) EUs förslag (*Action value*) december 2000: $T[\text{timma/dag}] = \frac{50}{a_{\text{vektorsumma}}^2}$

Riskvärdering

Vid en riskvärdering måste hänsyn tas till såväl vibrationsnivå som exponeringstid.

För kirurgsågen har under pågående knäledsprotosoperation summavektorn uppmätts till $8,5 \text{ m/s}^2$. Under två knäoperationer samma dag uppmättes en sammanlagd tid om 9 minuter = 0,15 timmar. En 8-timmars ekvivalentnivå för 0,15 timmar /dag vid $8,5 \text{ m/s}^2$ kan enligt ISO 5349 då beräknas till

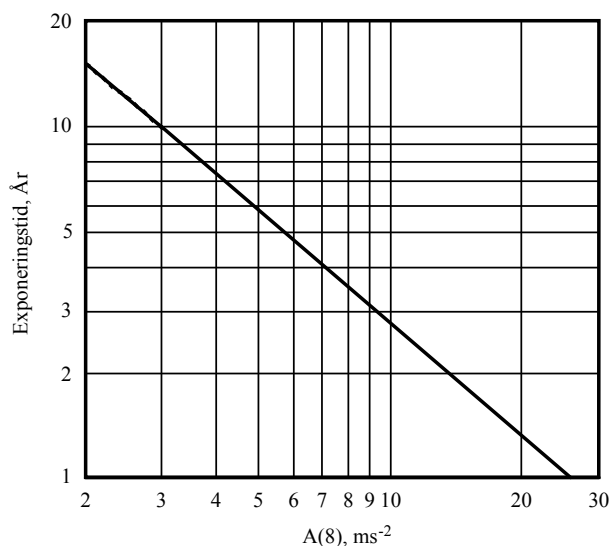
$$a_{eq(8)} = \sqrt{\frac{0,15}{8}} \cdot 8,5 = 1,2 \text{ m/s}^2.$$

Om hänsyn tas till tre av de fyra remitterade kirurgernas självrapporterade exponeringstid 2,5 timmar/vecka = 0,5 timmar/dag fås

$$a_{eq(8)} = \sqrt{\frac{0,5}{8}} \cdot 8,5 = 2,1 \text{ m/s}^2.$$

Riskvärdering enligt standarden ISO 5349:

Figur 12 visar den informativa rådgivningen rörande effekter av vibrationer på hälsan i ISO 5349-1, Annex B, Figure B.1 [7]. Man ser att risken är låg för ”vita fingrar” vid en 8-timmars ekvivalentnivå på $1,2 \text{ m/s}^2$ såväl som på $2,1 \text{ m/s}^2$.



Figur 12. Riskvärdering enligt standarden ISO 5349, 2001 [7]: Samband som visar 10 % risk för uppkomst av vibrationskada i form av ”vita fingrar” hos en grupp individer exponerade för hand-arm-vibrationer som funktion av 8-timmars ekvivalentnivå, $a_{eq(8)}$.

Riskvärdering enligt EU-direktivet, förslag [3]:

För summavektorns 8-timmars ekvivalentnivå, $a_{eq(8)}$, gäller:

Om insatsvärdet $2,5 \text{ m/s}^2$ överskrids, skall åtgärder sättas in (*Action value*).

Om takvärdet 5 m/s^2 överskrids skall, omedelbara åtgärder sättas in (*Exposure limit*).

Eftersom $a_{eq(8)}$ här uppskattats till $1,2 \text{ m/s}^2$ respektive $2,1 \text{ m/s}^2$ överskrids inte EUs riskvärdering. För den uppmätta vibrationssummavektorn $8,5 \text{ m/s}^2$ gäller att om den dagliga exponeringstiden överskrider insatsvärdet 41 minuter/dag skall vibrationsbegränsande åtgärder sättas in. Tidsuppskattningar i denna rapport visar att denna tid knappast överskrids av ortopedkirurger.

Diskussion

Den tidigare beskrivna orienterande mätningen i laboratorium på kirurgsågen HALL OSCILLATOR 5044 visade likartade frekvensspektrum vid sågning av trä i laboratorium som under protesoperationen i operationssal. Summavektorn i laboratorium var något högre för trä ($10,4 \text{ m/s}^2$) och vid tomgångskörning ($11,5 \text{ m/s}^2$) jämfört med under protesoperationen ($8,5 \text{ m/s}^2$).

De orienterande mätningarna på övriga maskiner och märken visade lägre nivåer med en tendens till att tryckluftsmaskiner ger högre nivåer än elektriska och att grovtandade sågblad ger högre nivåer. Fräsar ”Reamers” och borrar uppvisade obetydliga nivåer. Ljudnivåmätningar tydande på störande nivåer, 88 dB_A , uppmättes vid en demonstration av en ny elektrisk såg, men ingen risk för hörselskador finns vid de aktuella exponeringstiderna.

I en exponeringsbedömning har vibrationsexponering mätts under pågående knäledsprotesoperation med kirurgsågen ”Hall Oscillator 5044”. Summavektorn blev $8,5 \text{ m/s}^2$. Exponeringstiden, som objektivt uppmättes under två knäoperationer samma dag, var 9 minuter. Självrapporterad användningstid var cirka 30 minuter per dag enligt tre av de fyra remitterade kirurgerna. 8-timmars ekvivalentnivå, $a_{eq(8)}$, för 9 minuter är då $1,2 \text{ m/s}^2$ och för 30 minuter $2,1 \text{ m/s}^2$.

I en japansk studie [11] undersöktes 63 manliga ortopeder avseende vibrationsexponering. Enkäten besvarades av 54 manliga ortopeder för uppskattning av exponeringstid. Man gjorde även 22 vibrationsmätningar med icke-konventionell vibrationsdosimeter. Den frekvensvägda vibrationsnivån på handens ovansida uppmättes (i en riktning) till 2,3 resp. $2,4 \text{ m/s}^2$ för två typer av gipssågar. Den självrapporterade användningstiden för gipssåg var 12 minuter/vecka. Oscillerande sågar användes i genomsnitt 2,9 minuter/vecka. Man bedömde att vibrationsexponeringen ej utgjorde hälsorisk för dessa ortopeder. Dessa mätningar är svårvärderade. Man har ej följt gängse accepterad vetenskaplig metodik vid mätningarna. Exponeringstiden är mätt via frågeformulär och tiden

för oscillerande sågar är lägre än de mätningar som vi har gjort på våra ortopedkirurger. Exponering under 12 minuter/vecka här motsvarar en 8-timmars ekvivalentnivå på

$$a_{\text{eq}(8)} = \sqrt{\frac{12,3[\text{min/v}]}{60 \cdot 5[\text{d/v}]}} \cdot 2,4 \cdot 1,35 = 0,23 \text{ m/s}^2.$$

I en studie från Lund jämfördes 30 tandläkare och 30 tandhygienister med 30 tandsköterskor och 30 medicinska sjuksköterskor. Tandläkarna och tandhygienisterna hade i större utsträckning smärta de senaste sju dagarna i nacke och övre extremiteter. 9 av de 30 tandläkarna hade smärta de senaste sju dagarna i händer eller handleder. 10 av de 30 tandhygienisterna hade smärta i händer eller handleder. Ingen av tandsköterskorna hade detta och endast 3 av 30 kontroller (sjuksköterskorna) hade smärta i händer och handleder. Kärlsymtom uppvisades av 6 tandläkare, 4 tandhygienister, 6 tandsköterskor och 3 kontroller (sjuksköterskorna). Vid vibrametri fann man att tandläkarna och tandhygienisterna jämfört med kontrollerna hade ökade vibrations- och perceptionströsklar för många olika vibrationsfrekvenser. Sensoriska symtom i form av domningar och dylikt sågs hos 8 tandläkare och 8 tandhygienister men endast hos en av tandsköterskorna och en av kontrollerna (sjuksköterskorna) [15]. I studien har inte någon mätning av vibrationsnivån genomförts.

I ett senare arbete av Åkesson [16] jämfördes självrapporterad och uppmätt tid med vibrationsexponering och resultaten visade att både den självrapporterade och uppmätta dagliga exponeringstiden var 12 minuter. Inte heller i denna studie hade någon mätning av vibrationsnivån utförts.

Cherniack & Mohr [2] rapporterade 1994 om 5 patienter som var exponerade för högfrekventa vibrationer i samband med bentransplantat genom osteotom och vid användning av bl.a. en högfrekvensborr och oscillerande såg. Maskinerna användes 10-20 timmar per vecka och efter 7-32 månaders exponering fick dessa exponerade Raynaud-fenomen samt domningar i övre extremiteterna. Resultaten vid neurografi visade också tecken på för långsam nervus medianus medan den vibrotaktila känseln var i stort sett oförändrad.

I en undersökning av Sörensson och Lundström 1992 [14], mättes vibrationsexponering hos tandtekniker. De exponerades för vibrationer med hög frekvens och de ISO-vägda accelerationsnivåerna (mätta i en riktning) var i genomsnitt $0,6 \text{ m/s}^2$. Den självuppskattade exponeringstiden uppgick till cirka 3 timmar/dag. 8-timmars ekvivalentnivån, $a_{\text{eq}(8)}$, uppskattas av oss till $0,5 \text{ m/s}^2$.

I en undersökning av 58 vibrationsexponerade tandtekniker visar resultaten ingen objektiv försämring av den taktila känseln [10]. Däremot förelåg större andel personer som anger subjektiva besvär med domningar i den hand som företrädesvis exponeras för vibrationer.

I en undersökning rapporterad 1989 av Hjortsberg m.fl. [6] av 10 tandtekniker och 10 åldersmatchade kontroller erhöles skillnad i latens mellan mekanisk och elektrisk stimuli i medianus distalt på fingrarna vilket tolkades som distal nerv- eller receptordysfunktion. Vibrationsnivån för dessa tandtekniker var mellan $2\text{-}4 \text{ m/s}^2$ (mätt i en riktning) under 2 till 6 timmar per dag enligt ISO 5349. $a_{\text{eq}(8)}$ uppskattas av oss här till $2,9 \text{ m/s}^2$.

Vid sidan om vibrationsexponeringen har ortopedkirurger också en exponering för metylmetakrylat. Perifer neuropati har föreslagits kunna orsakas av hudupptag av metylmetakrylat [4, 12].

I en studie från 1984 av Seppäläinen [13] jämförde man 20 tandtekniker med 8 kontroller och fann långsammare sensorisk ledning i fingrarna och därför drogs slutsatsen att förändringarna representerade axonal degeneration på områden med kontakt med metylmetakrylat.

En eventuell betydelse av kirurggummiskyddshandskars påverkan av händernas blodcirkulation har inte belysts i denna rapport.

Sammanfattning av diskussionen

Vid studier av ledprotesoperationer framkommer olika arbetsteknik. Handgreppet växlar mellan höger och vänster hand och båda händerna utsätts samtidigt för starka vibrationer. Det finns ortopedkirurger som stöder sågbladet med fingrarna för ökad precision. Detta innebär betydligt högre energiöverföring till handen jämfört med att hålla i sågens handtag. Den dagliga exponeringstiden är emellertid kort, under två knäoperationer samma dag uppmättes en sammanlagd tid om 9 minuter i denna studie. Självrapporterad användningstid var cirka 30 minuter per dag enligt tre av de fyra remitterade ortopedkirurgerna. Exponeringsnivån på sågens handtag, som kan motsvara en 8-timmars ekvivalent kring 1 till 2 m/s^2 , kan troligen ge upphov till såväl vaskulära som sensineurala symtom. För detta talar den studien som genomförts av Cherniack & Mohr. Möjligen också studien från Hjortsberg bland tandtekniker med en 8-timmars ekvivalentnivå på 2,9 m/s^2 och som samtidigt också hade exponering för högfrekventa vibrationer. Samtidigt som Lundström rapporterade inga objektiva förändringar men däremot ökade symtom hos tandtekniker.

Att bedöma risker för vibrationsskador i området 1 till 2 m/s^2 är svårt (Se tabell 9). Det är svårt att jämföra med tidigare litteratur, då de flesta exponerings-responssambanden är gjorda med hjälp av subjektiv skattning av exponeringstiden. Vidare är ISO 5349 Draft International Standard 2001 baserad på studier vid högre vibrationsexponering.

Ortopedkirurger har också exponering för metylmetakrylat som kan skada nervfunktionen (Seppäläinen, 1984) (tabell 9).

Mot bakgrund av detta kan vi konstatera att det ännu inte finns direkta vetenskapliga bevis för att ortopedkirurger som utsätts för vibrationer motsvarande en 8-timmars ekvivalentnivå på 1 till 2 m/s^2 har ökad risk för kärl- och nervskador. Däremot indikerar de tidigare refererade publikationerna att en sådan risk mycket väl kan föreligga vid den exponeringsnivå som ortopedkirurger har. Det finns behov av studier avseende hälsoeffekter av vibrationsexponering hos ortopedkirurger.

Tabell 9. Vetenskapliga studier avseende samband mellan hand/armexponering bland vårdpersonal och värdering av denna exponering. $a_{eq(8)}$ betecknar 8-timmars ekvivalentnivå enligt ISO 5349. Där uppgift om summavektor saknats har det en-axliga värdet schablonmässigt multiplicerats med 1,35 (AH 2000:17) vid beräkning av summavektor och $a_{eq(8)}$.

Grupp	Land	Exponering	Utfall	Artikelslutsats	Bedömning	Referens
54 manliga ortopedier.	Japan	En-axligt momentanvärde gipssågar 2,3-2,4 m/s ² . Självskattad genomsnittlig användning 12,3 minuter /vecka Av oss beräknad $a_{eq(8)}$ = 0,23 m/s ² enligt ISO 5349.	Ej registrerat.	Vibrationsnivåer och exponeringstid är inget allvarligt problem bland ortopedier.	Metoden med att testa accelerometrar på handryggen med ett band och sedan tillämpa ISO 5349 är tveksam.	Mirboud et al, 1993
10 manliga tandtekniker och 10 manliga kontroller utan yrkesmässig exponering för exponering och symptom i händerna.	Sverige	En-axligt momentanvärde högfrekvent maskin 2-4 m/s ² . Grovt uppskattat 2-6 timmar per arbetsdag. Av oss beräknad $a_{eq(8)}$ = 2,9 m/s ² enligt ISO 5349.	Vibrations/perceptionströsklar, värme/kyla- och köldtrösklar var högre hos de exponerade jämfört med kontrollerna. Det fanns en något högre skillnad i latens per mekanisk och elektrisk stimuli i medianusnerven för fingrarna på höger hand jämfört med kontrollerna.	Högfrekvent vibration visade skada på både myeliniserade och omyeliniserade fibrer i fingrarna. De flesta av tandteknikerna klagade på domningar i händerna.	Liten studiegrupp där urvalsprocessen ej är klarlagd. Personerna är troligtvis väl medicinskt undersökta och andra orsaker till nervskada sannolikt uteslutna men finns ej klart beskrivet.	Hjortsberg et al, 1989
30 kvinnliga tandläkare, 30 kvinnliga tandhygienister, 30 kvinnliga tandsköterskor och 30 kvinnliga medicinsjuksköterskor.	Sverige	Ej mätt.	Tandläkare och tandhygienister exponerade för vibrationer hade försämring av känseltrösklar för vibration, lägre gripstyrka och fler neurologiska symptom. Tandläkarna och tandhygienisterna hade mer smärta i handleder/händer men också nacke/skuldra jämfört med tandsköterskor och medicinsjuksköterskor. Ett samband sågs med kärlsymtom och vibration.	Tandläkare och tandhygienister hade en svag neuropati som kan ha samband med exponering för högfrekventa vibrationer.	Svårvärderat om neuropatifynden enbart har sin grund i vibrationsexponering då t.ex. kronisk smärta i nacke/axlar också kan ge påverkan på perception. Enligt Istvan Balogh, Yrkes- och miljömedicin Lund, ligger tandläkarnas vibrationssummovektor på 0,3-1,6 m/s ² enligt ISO 5349 och tidigare undersökning av tandhygienister visar att de ligger på cirka 2,7 m/s ² .	Åkesson et al, 1995

Grupp	Land	Exponering	Utfall	Artikelslutsats	Bedömning	Referens
10 tandhygienister.	Sverige	12 minuter per dag klockad tid.	Ej mätt.	Självrapporterad exponeringstid överskattades tre gånger jämfört med dagbok. Stor variation i exponeringstid.	Exponeringstid tandhygienister cirka 12 minuter/dag.	Åkesson, 2001
5 manliga osteotomtekniker som söker för neurologiska vasculära besvär.	USA	Inga mätningar annat än anamnes där de 5 teknikerna använde oscillerande kirurg- och tandläkarmaskiner under 10-20 timmar per vecka.	Symtom kom efter 7-32 månaders exponering i form av Raynaud-fenomen och domningar i händer. Alla 5 patienterna hade FST=0 vid avkylning. Förlängsamrad ledningshastighet i nervus medianus. Endast svag påverkan på vibrations/perceptionströsklar.	Patologiska effekter av exponering som tidigare troddes vara för högfrekvent för att kunna orsaka skada.	Fallrapport.	Cherniack et al, 1994
72 tandtekniker från 8 tandteknikerlaboratorier.	Sverige	En-axligt momentanvärde $0,6 \text{ m/s}^2$. Självskattad tid 3,2 timmar per dag. Av oss beräknad $a_{\text{eq}(8)} = 0,5 \text{ m/s}^2$ enligt ISO 5349	Ej mätt.	Man kan inte bedöma risk för uppkomst av neurologiska besvär pga. exponeringen. Det är tveksamt om ISO-standarden över huvud taget kan tillämnas på tandteknikerhandstycken då linjära accelerationsnivåer är 10-30 gånger högre beroende på att de tar större hänsyn till de högfrekventa vibrationerna.	Väl utförda exponeringsanalyser.	Sörensson och Lundström, 1992

Grupp	Land	Exponering	Utfall	Artikelslutsats	Bedömning	Referens
69 tandtekniker från 8 tandteknikerlaboratorier. Av dessa utslöts 11 tandtekniker pga. sjukdomar eller symtom på sjukdomstillstånd eller mediciner som påverkar perifer nervfunktion. I studiegruppen ingick 30 kvinnor och 28 män.	Sverige	Se grupp ovan.	Det fanns inget exponerings/svars-samband inom tandteknikergruppen där man kvantifierat exponeringen i exponeringsår och ackumulerad exponering. Det var vanliga med besvär från höger hand.	Vibrerande handstycken som används av denna yrkeskategori tycks inte ge upphov till objektiv påvisbar försämring av den taktila känseln.	Man har ej mätt kontrollgrupp samtidigt. För små kontraster i exponering för att hitta exponering-respons-samband.	Lundström et al, 1993
20 tandtekniker med neurologiska besvär och 18 friska kontroller.	Finland	Artikeln beskriver endast exponering av metylmetakrylat, ej vibrationer.	Motorisk och sensorisk ledningshastighet i underarm var normala hos tandteknikerna och kontrollerna. Tandteknikerna hade förlångsammande sensorisk ledningshastighet från första, andra tredje fingret på höger hand samt också från de radiala delarna i finger 2 och 3 på vänster hand jämfört med kontrollerna.	Fynden visar på mild axonal degeneration i områden med nära och frekvent kontakt med metylmetakrylat.	Man har inte tagit hänsyn till vibrationsexponering.	Seppäläinen, 1984
43 manliga lastbilsmonter. Vibration 7 segdragande, 3 slående mutterdragare, 2 skruvdragare, och 2 spärrnycklar.	Sverige	En-axlig 4-timmars ekvivalentnivå 1 m/s^2 och de 8 mest exponerade montererna hade $1,3 \text{ m/s}^2$. Av oss beräknad $a_{\text{eq}(8)} = 0,95 \text{ m/s}^2$ respektive $1,2$ enligt ISO 5349.		Risken för vibrations-skador av typ vita fingrar bedöms som liten.	Hänsyn till högfrekventa vibrationer ej tagen. I övrigt bra exponeringsmätningar.	Kihlberg et al, 1988

Grupp	Land	Exponering	Utfall	Artikelslutsats	Bedömning	Referens
150 lastbilsmon- törer. Kontroll- grupp 125 skyddsingenjörer.	Sverige	Se ovan	Montörerna hade klart ökad före- komst av neurologiska symtom som domningar dag/natt samt funktionspåverkan i form av lätt att tappa föremål, svårt att knäppa knappar, skakningar/darrningar i arm/hand. I jämförelse med andra vibrationsexponerade grupper i samma undersökning som betong- arbetare och plåtslagare och skogsarbetare hade man låg pre- valens av vita fingrar men fortfä- rande högre än kontrollgrupp.	Höga relativa risker, ofta överstigande 10 för många besvär indikerade starka samband med arbetet.	Lastbilsmonterer med en vibra- tionsnivå ($a_{eq(8)}$) på cirka 0,7 m/s ² uppvisade neurologiska och vaskulära besvär.	Hagberg et al, 1990

Referenser

1. Burström L, Lundström R, Sörensson A. Kunskapsunderlag för åtgärder mot skador och besvär i arbete med handhållna vibrerande maskiner: tekniska aspekter. Stockholm, Arbetslivsinstitutet, Förlagstjänst, 2000; (Arbete och hälsa 2000:17); ISBN 91-7045-573-2 ; ISSN 0346-7821
2. Cherniack MG, Mohr S. Raynaud's phenomenon associated with the use of pneumatically powered surgical instruments. *Journal of Hand Surgery* 1994;19A(6):1008-15.
3. Council of the European Union. Amended proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (nth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) Council of the European Union, 14162/00 LIMITE, Brussels, 8 December 2000.
4. Donaghy M, Rushworth G, Jacobs JM. Generalized peripheral neuropathy in a dental technician exposed to methyl methacrylate monomer. *Neurology* 1991 Jul;41(7): 1112-6.
5. Hagberg M, Hansson-Risberg E, Jorulf L, Lindstrand O, Milosevich B, Norlin D, Thomasson L, Widman L. Höga risker för besvär i händerna hos vissa yrkesgrupper. *Läkartidningen* 1990;87(4):201-5.
6. Hjortsberg U, Rosén I, Ørbæk P, Lundborg G, Balogh I. Finger receptor dysfunction in dental technicians exposed to high-frequency vibration. *Scand J Work Environ Health* 1989;15:339-44.
7. ISO/FDIS 5349-1. Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements. International Organization for Standardization, Draft International Standard 2001.
8. ISO/FDIS 5349-2. Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace. International Organization for Standardization, Draft International Standard 2001.
9. Kihlberg S, Friberg M, Hagberg M, Hansson J-E, Jorulf L, Östergren CE. Vibrationsexponering och arbetsställningar vid montering av lastbilar. Undersökningsrapport 1988:9. Arbetsmiljöinstitutet.
10. Lundström R, Lindmark A, Sörensson A, Weibring J. Neurosensoriska handbesvär bland vibrationsexponerade tandtekniker. Undersökningsrapport 1993:32. Arbetsmiljöinstitutet.

11. Mirboud SM, Yoshida H, Inaba R, Iwata H. Exposure to segmental vibration and noise in orthopaedists. *Ind Health* 1993;31(4):155-64.
12. Sadoh DR, Sharief MK, Howard RS. Occupational exposure to methyl methacrylate monomer induces generalised neuropathy in a dental technician. *Br Dent J* 1999 Apr 24;186(8):380-1.
13. Seppäläinen AM, Rajaniemi R. Local neurotoxicity of methyl methacrylate among dental technicians. *Am J Ind Med* 1984;5(6):471-7.
14. Sörensson A, Lundström R. Tandteknikerns vibrationsmiljö. Undersökningsrapport 1992:37. Arbetsmiljöinstitutet.
15. Åkesson I, Lundborg G, Horstmann V, Skerfving S. Neuropathy in female dental personnel exposed to high frequency vibrations. *Occup Environ Med* 1995;52:116-123.
16. Åkesson I, Balogh I, Skerfving S. Self-reported and measured time of vibration exposure at ultrasonic scaling in dental hygienists. *Appl Ergon* 2001;32:47-51.