



Työterveyslaitos

**Evaluation of ergonomics and
usability of dental scaling
instruments;**

**Dental scaling simulation and
Field study, part III**

LM Instruments Oy

Erja Sormunen, FT, erikoistutkija, Työterveyslaitos

Nina Nevala, Prof. tiimipäällikkö, Työterveyslaitos



Abstract

Introduction. The design and material of dental instruments can affect perceived comfort and work productivity. In dental work, instruments with thick silicon handles have been found to be more usable, cause lower perceived strain, and are more productive than those with thinner handles. This project is the 3rd stage of the "Evaluation of ergonomics and usability of instruments in dentistry" – study. This project is a continuation of the sub studies carried out in 2011-2012 and 2012, which aim to aid dental instruments design and development. The present project will promote the product development practices in LM -Instruments Ltd.

Aim. This project aimed to evaluate the ergonomics and usability of the prototype LM dental scaling instrument (1) with a comparative cross-sectional design during a simulated dental scaling task and (2) during an authentic dental scaling task in a clinical setting.

Material and methods. Ten female professionals (seven dentists and three dental hygienists) from Institute of Dentistry in University of Oulu participated in the simulation study. There were four different models of dental scaling instruments under this evaluation process. Subjective analysis of usability and perceived musculoskeletal strain was measured using Visual Analogue Scale (VAS), and using the method of ranking the instruments. As an objective measurement the muscular activity (EMG) of four upper extremity muscles was analyzed. During a clinical setting, 42 experienced dentists and dental hygienists evaluate the prototype dental scaling instruments (LM Instruments Ltd). The first impression of usability and specified features of instrument usability during work were evaluated by VAS. The participants were allowed to offer written comments about the usability features of the prototype.

Results. During a dental scaling simulation, the prototype instrument was rated as the best in ten out of fourteen specified usability features compared with the other tested instruments. It was also ranked as the best instrument. No significant differences were found in muscular activity between the tested instruments. The results from clinical dental scaling showed both the comments of advantages and barriers for the usability of the prototype. In general, balance of the prototype instrument and a good grip of the prototype handle were positive features, while the rest of the usability features (i.e. thickness of handle) earned both for and against feedback.

Conclusion. The prototype instrument had several advantages both during the simulation and authentic study. However, the feedback of some usability features of the prototype should be analyzed carefully. The project will give valuable information for the dental instrument manufacture. In addition to this present project, it is also recommended to take into consideration the previous results of the sub-studies during the development process of dental instruments.

Contents

Abstract	2
Contents	3
1. Introduction	4
2. Material and methods	5
2.1 Work simulation	5
2.1.1 Study design	5
2.1.2 Participants and tested instruments	6
2.1.3 Measurements	8
2.2 An authentic dental scaling work	9
2.2.1 Study design	9
2.2.2 Participants and tested instrument	9
2.2.3 Measurements	10
3 Results	11
3.1 Work simulation	11
3.2 An authentic dental scaling work	17
4 Discussion	29
References	30

1. Introduction

The design and material of dental instruments can affect perceived comfort and work productivity. In dental work, instruments with thick silicon handles have been found to be more usable, cause lower perceived strain, and are more productive than those with thinner handles ([Nevala et al. 2013](#)).

This project is the 3rd stage of the "Evaluation of ergonomics and usability of instruments in dentistry" –study carried out in co-operation with LM -Instruments Ltd and Finnish Institute of Occupational Health. This project is a continuation of the sub studies carried out in 2011-2012 and 2012, which aim to aid dental instruments design and development. The present project will promote the product development practices in LM -Instruments Ltd.

The project aimed to evaluate the ergonomics and usability of the prototype of LM dental scaling instrument (1) with a comparative cross-sectional design during a simulated dental scaling task and (2) during an authentic dental scaling task in a clinical setting.

This report is the summary for internal use of LM -Instruments Ltd.

2. Material and methods

The project was carried out in two phases:

1. Phase: A simulated dental scaling task where four different models of dental scaling instruments were evaluated.
2. Phase: An authentic dental scaling in a clinical work where one prototype instrument (LM Instruments Ltd) was evaluated.

2.1 Work simulation

2.1.1 Study design

This was an experimental study with a comparative cross-sectional design during a simulated dental scaling task. The study was carried out in a dental unit at the Institute of Dentistry, University of Oulu. The arrangements followed the study design and methodology of the previous projects presented by Nevala et al. (2013) and Sormunen (2012). Exception of the previous reports, only the preparation of calcified deposits on tooth surfaces differed. The surfaces apical to cemento-enamel junction of the model teeth were handled with a product of Frasaco “synthetic calculus A-CK” to imitate calcified deposits on tooth surfaces. The mesial surface of the first upper molar on the right-hand side (tooth 16) was chosen as the target of the instrumentation process. (Figure 1).

During the study the participants worked with each scaling instrument (A-D) for 2 minutes. The measurements of each participant were carried out with all four scaling instruments in a random order during the same day in a simulated work situation.

The dental assistant prepared all the teeth, so the repeatability of scaling tasks, between the teeth and the test subjects, was assured.

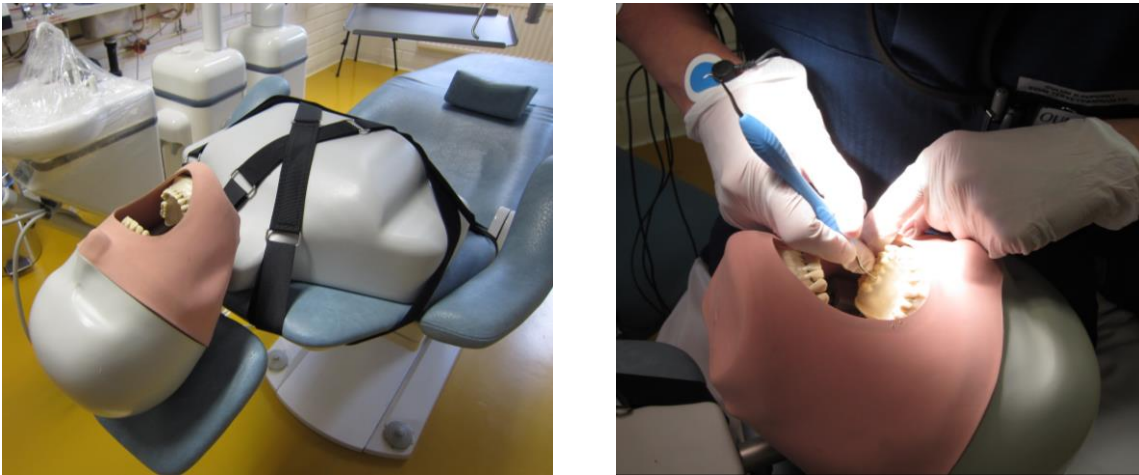


Figure 1 The arrangements of the simulated dental scaling task in the Institute of Dentistry, University of Oulu.

2.1.2 Participants and tested instruments

Ten experienced professionals; seven dentists and three dental hygienists, from the University of Oulu participate in the study. All the participants were women, right-handed and healthy. The average work experience was 26 years (standard deviation 6 years, range 11 – 31 years). Four out of ten participants reported to use the instruments of LM -Instruments Ltd as their daily working instruments. Respectively, two participants use the instrument of Hu-Friedy.

All of the participants were informed of the details of the experimental procedures and the possible discomfort associated with the physical experiments. The participants gave their written informed consent. Permission for video-recordings and photographs was obtained from each participant.

This study evaluated four different models of dental scaling instruments (Figure 2). The models and characteristics of the instruments are shown in table 1. One instrument is the prototype instrument (LM -Instruments Ltd). In this designing process of the prototype, the results of previous sub-studies (Nevala et al. 2013, Sormunen 2012) have been utilized.



Figure 2. The tested four instruments, from left to right:
A, American Eagle Instruments, Inc. Gracey curette AE G 11-12 XPX
B, LM 211-212M XSI, GRA 11-12 (LM ErgoMax)
C, LM prototype
D, Hu-Friedy SG11/129

Table 1. Characteristics of the tested instruments.

	Weight (g)	Length of the instrument (mm)	Circumference of the handle (mm)	Length of the handle (mm)
A: American Eagle Instruments, Inc. Gracey curette AE G 11-12 XPX	11	172	35	107
B: LM (ErgoMax) 211-212M XSI, GRA 11-12	16	173	40	110
C: Prototype of LM Instruments Ltd	18	173	48	112
D: Hu-Friedy SG11/129	21	173	33	102

2.1.3 Measurements

The scaling instruments were evaluated with subjective analysis of perceived usability and musculoskeletal strain, and with objective measurements of muscular activity. As subjective evaluation, the participants responded to a query immediately after the completion of the task for each scaling instrument. The query included the Visual Analogue Scales (VASs) to evaluate the usability of the product (Price et al. 1983; Nevala et al. 2013; Sormunen & Nevala 2013). The analysed specified features were: weight of instrument, balance of instrument, design of handle, surface structure of handle, thickness of handle, material of handle, fit to hand, keeping a grip, need for force, sensibility, turnability, esthetics, overall estimation of usability and results of work. The VAS is a 100-mm long continuous line with end points anchored by 0 (very poor) and 100 (very good). The VAS score is a measured distance (expressed in millimeters) from the left-hand scale point. The participants were asked to mark the point on the line that indicated their evaluation of the strain or usability feature in question. They were allowed to offer comments about the usability features of the instruments by writing comments on the questionnaire. In addition, two features of usability were measured with classified variables: “In my opinion, the instrument was” and “The self-estimated result of work was”. The alternatives were the following: 1=very poor, 2=poor, 3=moderate, 4=good, 5=very good.

VAS lines were also used to evaluate the perceived musculoskeletal strain in six body parts (neck, shoulder, upper arm, lower arm, fingers and palm, thumb) of the subject. The VAS range was 0 = no strain to 100 = extreme strain.

At the end of the measurements, the participants were asked to rank the instruments according to the best, the second, the third and the fourth. The rank order was scored so that the best instrument got 10 points, the second 8 points, the third 6 points and the fourth 4 points. The scores given by each participant were summed (Nevala et al. 2013; Sormunen & Nevala 2013).

Muscular activity was measured with surface electromyography (EMG) (ME6000, Mega Electronics, Kuopio, Finland) during the instrumentation. EMG was measured on the right side of the body (m. flexor pollicis brevis, m. extensor digitorum, m. flexor carpi radialis, and m. trapezius pars descendens). The EMG signals from the skin above the working muscles were acquired with a sample rate of 1000 Hz. The measured signal was amplified 2000 times (preamplifier situated 10



Työterveyslaitos

cm from the measuring electrodes), and the signal band, 20–500 Hz, was full wave-rectified and averaged with a 0.1-second time constant. From the EMG data, the mean amplitude values (μV) were analysed. Muscular activity during the work was defined as the percentage of maximal EMG activity (%EMG) by calculating the EMG activity during work in relation to the activity measured during a maximal voluntary isometric. The description of the maximal voluntary isometric tests has been presented in the study of Nevala et al. (2013).

The results were analysed using the SPSS software for Windows (version 18.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The data are presented as means and standard deviations (SD), and as ranges. Shapiro-Wilk test was used to test the normally distributed variables the one-way analysis of variance (ANOVA) followed by the Bonferroni post hoc test was performed. For non-normally distributed variables, non-parametric Kruskal-Wallis, one-way ANOVA was performed. After this, the significance between the groups was localized with the use of Mann-Whitney U-test. Significance was set at $p < 0.05$).

2.2 An authentic dental scaling work

2.2.1 Study design

This was a descriptive cross-sectional study design carried out using the prototype instrument of LM Instruments Ltd during authentic dental scaling task. LM -Instruments supplied the prototypes to their client organizations. Usability of the prototype was evaluated in two phases: (1) the first impression of usability after the first work task, and (2) usability evaluation after the one week of working with the prototype. The person in charge of LM -Instruments Ltd delivered the announcement of the study, and informed the details of the procedure. All the participants were voluntaries.

2.2.2 Participants and tested instrument

42 experienced dental care professionals; 28 female and 14 male, participated the study. There were both dentists and dental hygienists as the participants. Because not everyone mentioned their occupation, so the ratios of dentists and dental hygienists remained unclear. The average work experience was 18 years (± 11 years). The daily work time for dental scaling was on average 3 hours, and respectively 13 hours per week.



The characteristics of tested instrument, the prototype, were shown in section 2.12, in Table 1. In the design process of the prototype, the results of previous sub studies have been utilized.

2.2.3 Measurements

A subjective evaluation of the first impression of usability of the prototype, during the dental scaling task, was measured with the Visual Analogue Scale (VAS). Principle of the VAS method is shown in the section 2.1.3. In addition, after the first use of the prototype, the participants were allowed to comment to the following questions:

- “What do you think about the usability features of the prototype (material, design, surface structure)?”
- “Is it possible to take a good grip of a handle?”

After the first week of using the prototype instrument, the same query of VAS, as shown in the section 2.1.3. was used. Furthermore, the participants gave their comments about usability features.

After completed the both queries, the participants sent the filled forms to LM -Instruments Ltd. The person of charge in LM, sent the filled forms to the researcher (ES) in Finnish Institute of Occupational Health, Oulu.

The data is analysed as means with standard deviation, and with the range of the values. The comments were labelled into the form of table, as in Finnish.

3 Results

3.1 Work simulation

During a dental scaling simulation (Figure 2), the prototype instrument was rated as the best in ten out of fourteen (10/14, Table 2) specified usability features: (1) weight of instrument, (2) balance of instrument, (3) design of instrument, (4) surface structure of handle, (5) keeping a grip, (6) need for force, (7) sensibility, (8) turnability, (9) overall estimation, (10) self-estimated result of work. The overall estimation of usability was the best when using the prototype instrument; the second when using the LM ErgoMax –instrument; the third with the American Eagle, and the fourth with Hu-Friedy. However, the differences in overall estimation of usability were not significant.

However, the prototype was rated significantly better in five specified usability features compared to the rest of tested instruments: weight of instrument, design of handle, surface structure, material of handle and fit to hand ($p < 0.05$). When the instruments were set according to the ranking order, six participants (6/10) prefer LM proto as the best instrument, and two participants (2/10) rated LM Ergo Max as the best instrument. The instruments of American Eagle and Hu-Friedy were rated as the best one time, respectively (Figure 3).

Perceived musculoskeletal strain did not differ significantly between the tested instruments. However, there was a tendency for lower perceived strain in fingers and wrist region while using the prototype- and LM ErgoMax –instruments (Table 3). Similarly, no significant differences were found in muscular activity (EMG) between the tested instruments (Table 4).

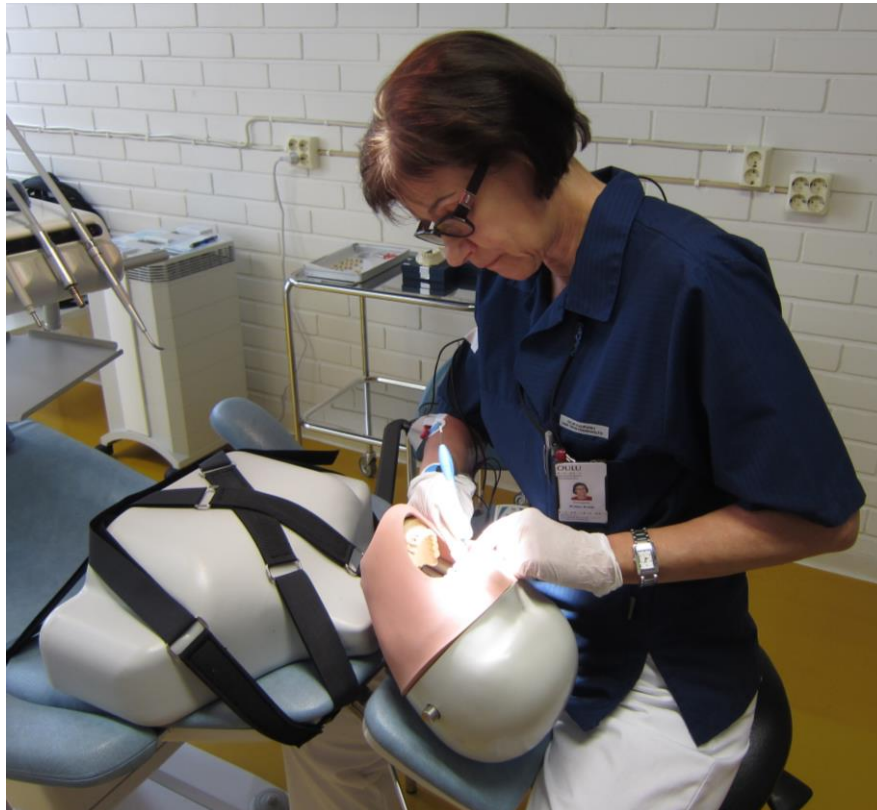


Figure 2. The simulated work situation using plastic model teeth attached to a phantom head fixed to a dental chair. Here are two test subjects working in their own simulations.



Table 2. Perceived Usability (VAS, Visual Analogue Scale, 0 = Very Poor, 100 = Very Good) as Rated by the Participants (n=10) After Using the four Instruments during dental scaling. Values are means (standard deviation).

* $p < 0.05$; the pairs with significant difference are presented.

	A (American eagle)	B (LM Ergo Max)	C (LM Proto)	D (Hu Friedy)	pairs with significant difference ($p < 0.05$)
Weight of instrument	86 (7)*	80 (11)	88 (7)*	69 (15)	A-D, C-D
Balance of instrument	82 (17)	78 (19)	88 (10)	78 (9)	
Design of handle	71 (18)	86 (12)*	86 (16)*	61 (19)	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D
Surface structure of handle	71 (23)	83 (15)*	89 (10)*	64 (22)	A-C, B-D, C-D
Thickness of handle	80 (8)	86 (11)	80 (21)	73 (12)	
Material of handle	65 (22)	91 (7)*	89 (15)*	65 (25)	A-B, A-C, B-D, C-D
Fit to hand	76 (19)	87 (8)*	86 (15)*	66 (24)	B-D, C-D
Keeping a grip	81 (19)	87 (9)	92 (10)	80 (13)	
Need for force	74 (22)	70 (22)	84 (23)	71 (23)	
Sensibility	76 (24)	70 (24)	81 (20)	69 (26)	
Turnability	80 (21)	87 (8)	87 (14)	78 (17)	
Esthetics	80 (11)	86 (11)	83 (19)	78 (11)	
Overall evaluation of usability	77 (15)	78 (17)	88 (16)	70 (23)	
Self-estimated result of work	77 (18)	79 (19)	85 (15)	81 (18)	

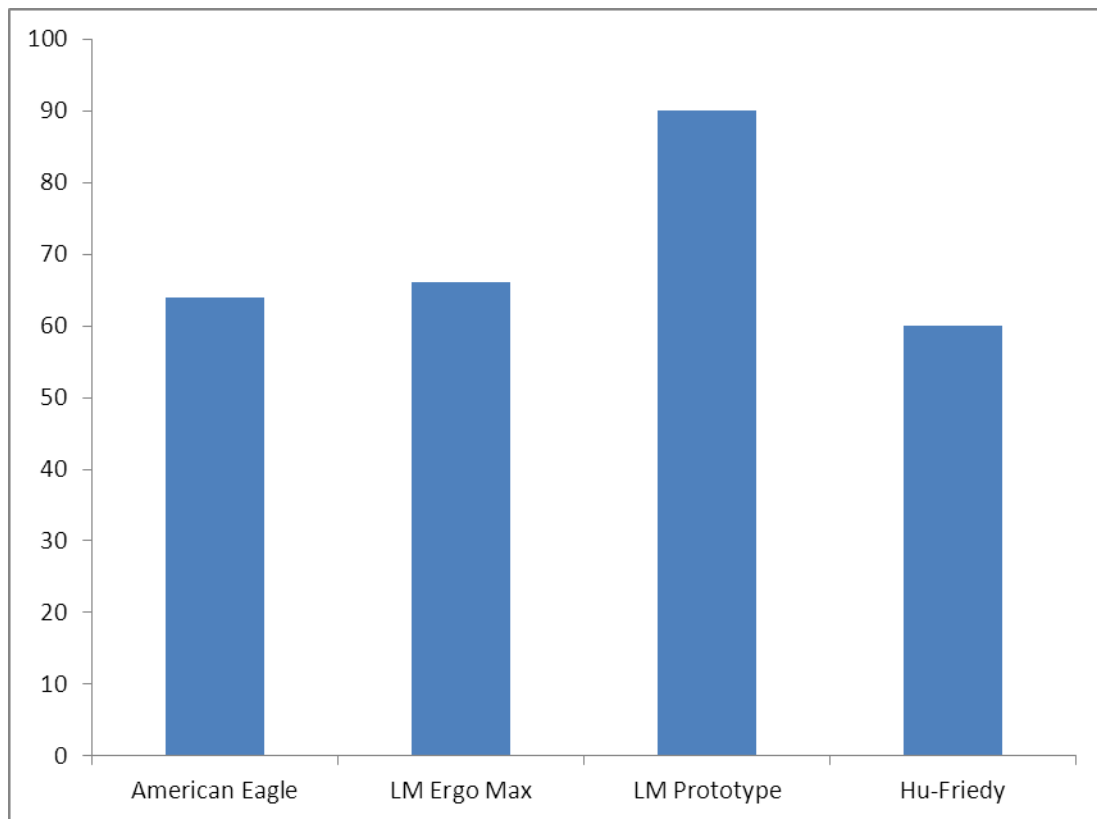


Figure 3. Calculated sum of the rank order of the instruments tested. The model for the calculated sum has been presented in the section 2.1.3.

Table 3. Perceived musculoskeletal strain (VAS = Visual Analogue Scale, 0=no strain – 100=extreme strain) in six body parts of the participants (n=10) after using the four tested instruments (A-D). Values are means (standard deviation).

	A (American eagle)	B (LM Ergo Max)	C (LM Proto)	D (Hu Friedy)
Neck	11 (9)	19 (22)	16 (20)	19 (21)
Shoulder	14 (15)	18 (14)	15 (20)	19 (21)
Upper arm	16 (18)	21 (18)	18 (25)	16 (11)
Lower arm	16 (13)	25 (22)	18 (19)	27 (17)
Fingers	23 (20)	17 (16)	16 (16)	33 (23)
Thumb	28 (16)	23 (22)	23 (18)	34 (23)
Wrist	25 (22)	17 (14)	17 (21)	24 (24)

Table 4. Muscular activity (% Maximal EMG) in the right lower arm and the shoulder region of the participants (n=10) during the use of the four tested instruments (A-D). Values are means (standard deviation).

	A (American eagle)	B (LM Ergo Max)	C (LM Proto)	D (Hu Friedy)
Thumb <i>(m. flexor pollicis brevis)</i>	19 (14)	22 (10)	22 (13)	26 (19)
Wrist flexors <i>(m. flexor digitorum</i> <i>superficialis)</i>	17 (7)	17 (8)	17 (6)	17 (6)
Wrist extensors <i>(m. extensor digitorum)</i>	21 (6)	22 (7)	23 (8)	22 (7)
Shoulder <i>(m. trapezius pars descendens)</i>	13 (7)	12 (6)	12 (7)	13 (6)

3.2 An authentic dental scaling work

During clinical dental scaling tasks, the first impression of prototype usability (VAS) was 78 (± 14), with the range of 47 – 100. In Table 5, the free comments about the first-impression of usability are labeled as “advantages” or as “barriers” / “neutral comments” for the prototype’s usability (-).

The VASs after the first week use of the prototype during clinical work are shown in Table 6. Mean value of the overall evaluation of usability while using the prototype was 80 (± 13), with the range of 38 - 100. The lowest specified feature of usability was rated with the feature of ”thickness of handle”; mean value of 72 (± 23) and the range of 18 - 100. The highest specified feature of usability was rated with the feature of ”keeping a grip”; mean value was 84 (± 12) with the range of 50 - 100.

The results from an authentic dental scaling showed both the comments of “advantages” and “barriers” about the usability of the prototype. The comments about prototype usability after one week of dental scaling in clinical work are collected in Table 7. In general, the balance of prototype instrument and a good grip were positive features, but the rest of the usability features (i.e. thickness of handle) earned both for and against feedback. The comments are labeled as “advantages” (+), as “barriers” (-) and as neutral i.e. not good or not bad ($\pm$) about the prototype’s usability. The comments are shown in Finnish.



Table 5. First impression of the tested prototype (VAS, Visual Analogue Scale, 0 = very poor, 100 = very good) as rated by the dentists and dental hygienists (n=42) and their free comments during dental scaling in real work tasks. The respondents are numbered randomly; the numbers are presented in parenthesis. The statements are in Finnish, except one English and Swedish answer.

What do you think about the usability features of the prototype (material, design, surface structure)?	Is it possible to take a good grip of a handle?	VAS
"Advantages for usability"		
Kaikki tuntui varsin hyvältä. (2)	Ainakin isolla kädellä saa hyvän otteen. (2)	85
"Käteän sopivan" näköinen jo ensivilkaisulta. Liukumaton pinta -> pysyy todennäköisesti paremmin näpeissa, tukeva. (3)	Saa, ei näyttäisi lipsuvan. (3)	100
Ominaisuus hyvä, ote pysyy. Materiaalista tykkään, muotoilu käteän sopiva. (4)	Saa. (4)	86
Hyvä, parempi kuin Ergomax. (5)	Kyllä. (5)	89
Pinta hyvä, materiaali hyvä, muotoilu hyvä. (6)	Kyllä. (6)	85
Pidin kahvan pintastruktuurista ja materiaalista. (9)	Saa. (9)	69
Instrumentista oli hyvä pitää kiinni, sai hyvän otteen. Hyvä materiaali. (10)	Kyllä. (10)	86
Instrumentista sai hyvä otteen, ja ote pysyi. (11)	Kyllä sai. (11)	80
Materiaali miellyttävä. (12)	Kyllä, saa hyvän otteen. Otteen "hyvyys" hieman vaihtelee työskentelyalueittain. (12)	85
Hyvä materiaali, muotoilu poikkeaa paksuudessaan ja väriltään. (14)	Ainakin saan ulkopuolella napakka ote ja helppo ottaa kiinni. (14)	97
Pinta hyvä, pysyy kädessä. Muotoilu, pysyy hyvin pienessä kädessä. Ei tule ylimääräistä puristusta. Adaptoituu hyvin hampaalle, kulma löytyy hyvin. (15)	Automaattisesti ohjautuu oikeaan asentoon. (15)	96
Ilman käsineitä tuntien grippi on hyvä. Mukava, että joustaa. Muutamat kohoumat varmaan auttaa työssä, kun hanskat päällä. (17)	Itselläni iso käsi ja pitkät sormet - Ote on tukeva. (17)	78



Muotoilu hyvä, ei juuri poikkea edellisestä (213-214xsi), kevyen tuntunen. (19)	Saa hyvän otteen. (19)	49
Tukeva ote, pinta sopivan karkea, muotoilun ansiosta löytyy ergonominen, sormia rasittamaton ote. (21)	Kyllä (21)	66
Tuntui tukevalta ja hyvältä kädessä. Miellyttävä materiaali, pintastrukturi ja muotoilu. (22)	Saa, erinomainen. (22)	93
Miellyttävä materiaali, pintastrukturi auttaa otteen pitävyydessä, muotoilu näyttää asialliselta. (23)	Kyllä. (23)	82
Saa erittäin hyvän otteen, mukava työskennellä. (24)	Kyllä. (24)	99
LM silicon handle is my favorite due to enhanced grip. Shape of handle is good, with a good shank-distance. Fits my fingersize well. Nice design and good grip, bulkier towards the ends and thinner in the middle. Surface structure doesn't conflict the grip and feels fine for the fingers. (27)	The grip is good! It is easier to hold the instrument with a light touch and with a comfortable rounded grip. It seems to me that the new handle might enhance the "finger-roll" of the instrument. It also rests nicely against the hand when it is held in a more upright position (in som working areas the handle rests against the base of the index finger and it feels mores stable due to the narrow middle of the handle. (27)	47
Kahva tuntui hyvältä. Nyt paksuus ei ole huono ja tarttumapinta on hyvä. En yleensä käytä normaalikokoisia kyettejä ja se tuntui kärjeltään isolta. (29)	Ote on hyvä. (29)	61
Instrumentti tuntuu kädessä tukevalta. Muotoilu ja pintastrukturi helpottavat hyvän otteen saamista. (30)	Kyllä. Kts edellinen vastaus. (30)	75
Teknisen oloinen, ei kieri. (31)	Kyllä saa. (31)	81
Pinta tuntuu miellyttävältä ja tukevalta, hyvä grippi. Helppo pyöritellä työotteessa. (33)	Kyllä, ote tuntuu tukevalta, ei lipsahda otteesta. (33)	93
Materiaali hyvin käteen "tarttuva", muotoilu hyvä. Pintastrukturi pitoa lisäävä. (34)	Kyllä. (34)	74
Mielestäni hyvä. (35)	Saa, pysyy kädessä ja saa tuntuman työhön. (35)	63
Något ovant att arbeta med ett tjockare grepp men matender är OK, som jag skrev ovan så skulle jag tycka att det skulle kännas bra med ett mjukare ytmaterial. Något som "sviktar" mer när man trycker på det. Designen och formen ser braut. Snyggt. (36)	Det är bra, känns ovant med ett så tjockt instrument. Det fungerar bra att få ett bra grepp. (36)	80



Tarpeeksi tahmea, hyvä pitävyys, ergonominen kädessä. (37)	Saa. (37)	56
Kiva, pysyy hyvin näpeissä. (38)	Jep. (38)	80
Miellyttävän tuntuinen materiaali, pinnasta saa hyvän otteen. (40).	Saa. (40)	90
Miellyttävä materiaali, hieman paksulta tuntuu, "viivat" ovat onnistuneita, kaunis ulkomuoto. (42)	Ote vaikuttaa tukevalta, kierto liike helpottuu. (42)	76
"Barriers for usability" or "neutral comments"		
Mattamainen pinta ei ole suosikkini ja uusi pintastruktuuri tuntui aluksi hiukan pykäläiseltä sormiin. En myöskään heti osannut ottaa instrumentista luonnollista otetta, jotenkin uraisuus ja pykäläisyys ja niiden asento terään nähden ei heti istunut minun käteen sujuvasti. (1)	Kyllä, mutta mielestäni vaatii enemmän totuttelua kuin aiempi xsi-instrumentti. (1)	77
Materiaali on mukava, muotoilu miellyttää silmää. Hyvin modernin tuntuinen. Ehkä hieman paksu. (7)	Saa, tukevan otteen. Kädessä aluksi hyvän tuntuinen. (7)	56
Tukeva, ei koostaan huolimatta kömpelö. Pituus helpottaa työskentelyä, ei jouta juurikaan kahvaosasta. (8)	Saa, melko paksu -> vaatii totuttelua. (8)	76
Materiaali ja pintastruktuuri tuntuu hyvältä. Samoin muotoilu tuntuu jossain kohtia hieman kömpelöltä. (13)	Saa hyvän otteen, ei lipsu, materiaali miellyttävä. (13)	92
Materiaali miellyttävän tuntuinen, helppo pitää kädessä, pintastruktuuri on hyvä. Muotoilu tuntui ensivaikutelmalta hieman pullealta, mutta nopeasti käsi tottui. (16)	Instrumentista saa erittäin hyvän otteen. (16)	92
Materiaali on tahmean tuntuinen ja paksuus tekee siitä vielä tarttuvamman tuntuisen. Karhennuksien määrä ei ensituntumalta ollut hyvä eikä huono. Muotoilu tuntui ehkä aavistuksen liian paksulta. (18)	Ote on tukeva, mutta ei kovin ketterä. Ote oli helppo säilyttää aina asentokohtaisesti. Vähän kömpelön tuntuinen. (18)	62
Materiaali on sopivasti tahmea, pysyy kädessä hyvin paljain käsin ja myös hanskan kanssa. Ergomax-muotoilu on ennestäänkin tuttu, mutta tässä mallissa "pullistuma" on paksumpi ja tuntuu hyvältä käteen. "Lovitukset" (pitkittäin 3 kpl) en tiedä miksi tehty. Mutta laajemmat tiheällä poikittaisella pykälöinnillä saadaan varmaan	Saa hyvän otteen. 1. käyttökerralla sain yläleuan (vapaa hampaisto, ei molaareja) käytyä läpi ainosastaan uttaa instrumenttiä käyttäen. Alaleukaa puhdistettaessa (myös alamolaarit puuttuivat) vaihdoin etualueelle kyretiksi dist.kyretin (13-14), mitä käytän normaalistikin. (20)	81



parannettua instrumentin otetta ja pysymistä kädessä. Vaikeuttaako puhdistamista? (20)		
Massiivisen oloinen. (25)	Tuntui jämäkältä ja instrumentti "tarttui" sormiin hyvin eikä ote lipsunut. (25)	80
Materiaali tuntui kivalta, mutta voisi olla kiiltävämpipintainen. Muotoilu on miellyttävä, pinta mukavan tuntuinen.(26)	Kyllä. (26)	78
Tuntui paksulta ja kömpelöltä. Silikoni miellyttävän tuntuinen, pehmeä. (28)	Otetta häiritsi, etten oikein tiennyt, mikä instrumentti on kyseessä (vertailu olisi helpompaa, jos koeinstrumentti olisi 1:1 kuin mitä käytän). Tietyissä kohdissa (yläleuan palat. pinnoilla) sormituen ottaminen ja instrumentin pitäminen yhtä aikaa oli hankalaa, koska instrumentti on niin paksu. (28)	68
Pintakuviointi "tuntui" sormissa, muotoilu tuntui aluksi huonohkolta (kahvan paksuus). (32)	Saa, hyvä "pito" materiaalissa. (32)	51
Materiaali on pitävä. Muotoilun ansiosta instrumentista saa tukevan otteen. Paksuudesta johtuen ehkä hieman kömpelömpi vanhaan verrattuna. Tähän kuitenkin ehkä tottuu pidempään käytettäessä. (39)	Ote on tukeva, mutta kääntö on ehkä hieman vaikeampaa kuin vanha malli. Sopii ehkä parhaiten instrumentteihin, joita ei käännetä (esim. peili). (39)	78
Parempi kuin vanha. (41)	Saa, mutta paksunnosten väli voisi olla epäsymmetrinen. (41)	81



Table 6. Perceived usability (VAS, Visual Analogue Scale, 0 = Very Poor, 100 = Very Good) as rated by the participants (n=42) after using the prototype instrument the first time and after the first-week period of dental scaling in clinical work. Values are means, standard deviations, minimums and maximums.

	Means	Standard deviation	Minimum	Maximum
Impression after the first use	78	14	47	100
Weight of instrument	78	17	36	100
Balance of instrument	82	12	57	100
Design of handle	78	16	27	100
Surface structure of handle	78	18	27	100
Thickness of handle	72	23	18	100
Material of handle	84	14	53	100
Fit to hand	77	19	19	100
Keeping a grip	84	12	50	100
Need for force	81	14	35	100
Sensibility	75	19	27	100
Turnability	76	18	25	100
Esthetics	79	17	47	100
Overall evaluation of usability	80	13	38	100
Self-estimated efficiency of work	83	13	56	100
The prototype instrument was	4	1	3	5
Result of work	4	1	3	5

Table 7. Free comments of the usability of the prototype instrument expressed by the participants (n=42) after the first-week-use. The comments are labelled according to the "advantages" (+), "barriers" (-) and "neutral" (±) –responses for usability. The respondents are numbered randomly; the numbers are presented in parenthesis.

Käytettävyyssominaisuus	Kommentit
Millainen oli instrumentin paino ?	+ Tukeva, mutta kevyt (3) + Ei ole missään nimessä painava. (7) + Kevyemmän tuntuinen (19) + Kevyt (20) + Tukeva, mutta ei "kaatava" (21) + Kevyt (28) + Kevyt käsitellä (29) + En kiinnittänyt huomiota eli ilmeisesti hyvä (35) + Hyvän tuntuinen (37) - Normaalaa painavampi (8) - Välillä tuntui painavahkolta (30) - Voisi olla kevyempikin (42)
Millainen oli instrumentin tasapaino ?	+ Oli instrumentti kummin päin tahansa, ei ole epätasapainossa. (7) + Vaikka pullistuma on molemmissa päissä, instrumentti ei silti tunnu raskaalta tai toinen pää ei paina (20) + Tasapainoinen (28) + Hyvä (37)
Millainen oli instrumentin kahvan muotoilu ?	+ Miellyttävä muoto. (7) + Ei ainakaan haittaa (18) + Minulla on isohko käsi, paksu kahva on OK (31) + OK (33) + Ergonominen (37) + Ote pysyy vähemmällä puristuksella (39) - Ehkä vähän liian pullea. Mulla lipsahti ote aina pulleuden terän puoleiselle osalle. (6) - Aika paksu otekohdasta (8) - Ohennukset "pakottavat" vähän hakemaan oikeaa otetta ja kiireessä ei tule etsittyä hyvää otetta. (20)

	+/- Riittävän erilainen ergomax verrattuna. (2) +/- Alussa tuntui liian paksulta. Totuttelun jälkeen hyvä. Muotoilu hyvä (32)
Millainen oli instrumentin otealueen pintastruktuuri?	+ Miellyttävä. (4) + Toimiva ja moderni. (7) + Poikittaisraidat edistävät otteen pysymistä ja parantavat otetta (20) + Napakka, pitävä (21) + Poikkiraidoitus hyvä. Voisi olla yhtenäinen koko otealueen osalta (28) - En pidä instrumenttia jatkuvasti samalla tavalla, joten uritukset eivät osuneet hyvin kohdalleen kuin vain välillä (1) - Uritus on vähän outo ja otteet ... modifioin (18) - En tykännyt kuvioinnista. Tuntui sormiin ikävältä (32) - Hitusen liian "röykykäs", muoto ohjaa instr:n asemaa otteessa (33) - Voisi kokeilla vielä selkeämpää poikittaista kuviointia (39) - Pitkittäiset urat tuntuivat oudoilta (40) +/- Instrumentin asento helppo aistia, hiukan epäsymmetrisyys haittasi jossain asennossa (31) +/- Skönt. Snyggt men skulle ha uppskattat något mjukan (36)
Millainen oli instrumentin kahvan paksuus?	+ Tuntui todella mukavalta. (2) + Sopiva. Ei "väsyttänyt" sormia. (4) + Aluksi tuntui isohkolta, mutta paksuuteen tottui nopeasti + Sopiva, sopii pieneen käteen (15) + Paksumpi kuin "edeltäjä", mutta hyvätuntuinen (19) + Ergonominen (37) + Mielestäni ote on tukevampi kuin vanhassa. Olisi kiva kokeilla peilin vartena (39) - Ehkä turhaa pulleutta. (6) - Paksuus on mielestäni ainoa häiritsevä tekijä. Hieman kömpelö. Voisi olla sirompi. (7) - Välillä tuntui vähän kömpelöltä, varsinkin silloin, kun piti kiinni läheltä terää (13)

	- Kahva tuntui hieman liian paksulta käteeni (16) - Vaatii ehkä totuttelua (18) - Ehkä vähän liian paksu (minulla melko pienet kädet ja lyhyet sormet (hanska 5)), sormet vähän väsyvät (20) - Hiukan jo melkein liian paksu (26) - Otealue aika paksu. Keskiosa saisi olla paksumpi, istuisi paremmin peukalon ja etusormen väliin (28) - Ergomaxista tykkään enemmän (33) - Tror att många uppskattar tjocka, men mina fingra har lite svårt att vänja sig på en vecka (36) +/- Menettelee, en yleensä tee paksulla kahvalla, joten vaatii totuttelua (29) +/- Alkuun tuntuu kömpelöltä, tottuessa todennäköisesti hyvä (30)
Millainen oli instrumentin kahvan materiaali ?	+ LM-instrumenttien materiaali on <u>erittäin</u> miellyttävä käyttäjälle. (7) + Hyvä nihkeä varsi, ei liukas hanskakädellekään, on puhdistunut pesussa hyvin (20) + Pehmeä, helppohoitoinen (28) + Tuntui erittäin hyvältä (29) + "Mattapintainen" antaa hyvän gripin (33) + Hyvä, ei juurikaan eroa vanhasta (39) - Mattapintaisuus tuntui oudolta kaipasi kiiltoa (26) - Tahmea, ei liukas (37)
Saiko instrumentista hyvän otteen? (käteen sopivuus)?	+ Myös hygienisti kehui instrumenttia (2) + Oikein hyvän otteen. Mietin tuoko "vihlojen" terävyyden lisäys vielä otteeseen/pitävyyteen parannusta? (12) + Aika hyvä ja tukeva ote. (18) + Ote tuntuu tukevalta (39) + Saa hyvän otteen (20) - Kahvan paksuus edelleen häiritsevä. Kömpelö ote. (7) - En ihan joka kohdassa, tykkään ohuemmasta kahvasta (13) - Liian epätasainen työskennellessä -> muoto ohjaa instrun asentoa - Paksuus häiritsee hieman (42)
Millainen oli otteen pitävyys kahvasta?	+ Ei lipsu (3) + Hanska kädessä pysyi hyvin. (17) + Hyvä ote oli pitävä (18)

	+ Ote pitää hyvin. Poikkiraidoitus parempi kuin vanhan pystyraidon (20) + Hyvä (37) - Tietyillä alueilla (palat. pinnoilla) sormituen ja instr. pitäminen yhtä aikaa hankalaa (28) +/- Materiaalin kannalta OK, mutta paksuus. (7)
Millainen oli voiman tarve työn aikana?	+ Voimankäytössä ei eroa normaaleihin instr. (28) + Voiman tarve vähenee, kun kahvan muotoilu on hyvä. (30) + Kevyt työskennellä (37) + Voimaa tarvitaan ehkä hieman vähemmän kuin ennen (39) - Jouduin käyttämään normaalia enemmän tai oliko instrumentti tylsä (13) - I-sektorilla voiman kohdistus hankalaa (14) - Mielestäni voiman tarve riippuu poistettavan hk:n paksuudesta tai siitä kuinka tiukasti se on hampaassa kiinni (20) - Koska instrumentin kärkialue ei jouta, joutui käyttämään epäedullisessa asennossa voimaa (21) - Käsi-instrumenttien käyttö ei ole koskaan aiheuttanut ongelmia käsiin. Voiman tarve ei ole suuri, mutta ehkä minulla tuntuu paksun varren vuoksi, ettei hampaille saa tuntumaa (29) +/- Riippuu myös irrotettavan hammaskiven kovuudesta. (4) +/- Ei poikkea normaalista. (7) +/- Jos terävä ei (15) +/- Ei erityistä eroa voiman tarpeen suhteen (18)
Millainen oli instrumentin tuntoherkkyys ?	+ hk:n tuntee hyvin (20) - Paksuus taas (7) - Hieman vaatisi totuttelua – ero ohuempiin on olemassa (18) - Instrumentin käytön kaarevuus ei ole minun makuuni (21) - Ei ainakaan kokeiluvaiheessa paras mahdollinen (30) - Otteen laajuudesta johtuen tulee tuntuma, ettei ole niin tuntoherkkä (39)
Millainen oli instrumentin käännettävyys ?	+ Helposti käännettävä (7) + Ohuesta keskikohdasta instru on helppo ja näppärä kääntää toiseen päähän (20) + Tuntui taipuvan hyvin hampaan ympärille (38)

	- Paksuudesta johtuen ehkä hieman vaikeampi käännettävä (39) +/- Ei erityistä (14) +/- Ei eroa muihin (tavall.) instr. (28)
Millainen oli instrumentin ulkonäkö ?	+ Malliltaan hieno (7) + Miellyttävä (14) + Kaunis, houkutteleva muoto (15) + Tyylikäs, mutta toimisiko instru ilman ohennuksia myös (20) (väärä väri instrussa -> proto ?) + Houkuttelevan näköinen (39) - Hiukan klohmin näköinen (37)
Millainen on kokonaisarviosi instrumentista?	+ Tuotantoon vaan. (2) + Tukeva ja lipsumaton. Käyttäisin (3) + Napakka, käteen sopiva (17) + Hyvä työskennellä, hyvä pito (37) + Hyvän tuntuinen. Peilin vartena voisi olla erinomainen (39) - Kaikin tavoin olisi kelpo, jos ei olisi niin paksu. Jättäisin ostamatta. - Leikkaavan reunan taivutus erilainen kuin edeltäjä, hieman hakemista, että löysi oikean kulman. Mielestäni ergonomisesti ei niin hyvä asento kuin edeltäjä. Voi olla jos pidempään käyttöä, niin siihen tottuisi (19) - En pidä instrumentin kärjestä, vaikuttaa ilmeisesti kahvan arviointiin (29) - Voi johtua tottumuksesta, mutta ergoamax tuntuu käteen paremmalta työskennellessä. Protossa ensivaikutelma parempi, työskentely lievä pettymys ensi-innostuksen jälkeen (33) - Sormeni hieman väsyivät alkuun ensimmäisten päivien aikana, mutta se varmaan oli vain tottumiskysymys (20) +/- Ei erityisiä vikoja, ehkä vaatisi lisää käyttöä ja tottumista (18)
Millainen oli mielestäsi työn tulos instrumentilla?	+ Kaikki vedot onnistuvat. Työn tulos erinomainen (15) + Tuttu tulos terävällä instrumentilla (17) + Yhtä hyvä kuinka aiemminkin, eli hyvä, varsinkin uuden instrun terävyys on ihana asia, auttaa työssä (20)



	+ Ei moittimista. Hyvä oli tulos (37) - Vähän joutui tarkkuuttamaan depuroitaessa (18) - Työn tulos sinänsä ihan hyvä, mutta aiemmin mainitsemani tuntuman saannin vaikeus tekee sen, että työn tulosta täytyy tarkistella enemmän (29) - Vaatii hieman tottumista, että pääsee parempaan kuin vanhalla (39) +/- Rapsutella niin pitkään, että puhdistui (7) +/- Kliininen kokemattomuus vaikuttaa (9) +/- Ei eroa (14)
Instrumentti oli mielestäni:	+ Voisi kokeilla muihinkin kuin hammaskivi-instrumentteihin (39) + Näin vähän paroa tekevänä instru tuntui toimivan oikein hyvin (38) - Jää paksuutensa vuoksi kaappiin. Tehkää varresta sirompi, pienikin kavennus otepäästä voi riittää. (7) - I-sektorille sopivuus ei heti luonnistunut -> käyttökokemusta lisää. Mutta se onkin hankalin alue tehdä (14) - Ainoa ongelma oli mielestäni kahvan paksuus (16) - Hieman negatiiviseen suuntaan kääntää arvioita seuraavassa: Mitä enemmän olen tehnyt depuraatioita, sitä pienemmäksi lempi-instrumentit ovat kärjistään tulleet. Minulla on paljon nuoria aikuisia potilaina; täysi hampaisto ja tiukat hammasvälit, mutta kuitenkin hammaskiveä. Vaatii pienen kätevän instrumentin approksimaaliväleihin. Tähän käytän minikyrettejä tai mes/dis minikyrettiä. (Tässä lause, josta en saa selvää). UÅ ei sovi kaikille potilaille tai eivät siitä pidä. (29) - Käteen sopiva ja toimiva, mutta käytän mieluummin mini-kokoisia. (Lian) suuri naisten suuhun. (35) - Pinnan tahmeutta mietin puhdistamisessa. Jääkö lika kiinni tms? (37)
Työn tulos oli instrumentilla mielestäni:	+ Terä toimii hyvin (7) + Ei kahvan pieni muutos vaikuta paljoakaan lopputulokseen. Monta potilasta on helpompi hoitaa paksummalla kahvalla (31) +/- Riippuu enemmän tekijästä kuin instrumentista. (2) +/- Vaatii tottumista (39)

4 Discussion

This project is the 3rd stage of the "Evaluation of ergonomics and usability of instruments in dentistry" –study carried out in co-operation with LM -Instruments Ltd and Finnish Institute of Occupational Health. This project is a continuation of the sub studies carried out in 2011-2012 and 2012, which aim to aid dental instruments design and development. Results of the previous studies (Nevala et al. 2013; Sormunen 2012) have been utilized in this process of dental instrument development. This project differed from the previous studies, because it was carried out in two phases: (1) an experimental study with a comparative cross-sectional design during a simulated dental scaling task; with four different models of dental scaling instruments and (2) a descriptive study during an authentic dental scaling in clinical work; evaluating one prototype instrument.

The results from dental scaling simulation showed that the prototype instrument was rated as the best according to the overall evaluation of usability (VAS) and according to the ranking scores compared to the other tested instrument; however the differences were not statistically significant. The prototype instruments was rated the best also in the following specified usability features: (1) weight of instrument, (2) balance of instrument, (3) design of instrument, (4) surface structure of handle, (5) keeping a grip, (6) need for force, (7) sensibility, (8) turnability, (9) overall estimation, (10) self-estimated result of work. The ranking of tested instruments was in line with the results of VAS. The prototype was rated as the best dental scaling instrument by six out of ten participants. There were no significant differences in muscular strain (EMG) or perceived musculoskeletal strain between the tested instruments.

It was a good idea to link the evaluation of the prototype instrument during clinical dental scaling. During one-week period of clinical work, it is possible to evaluate the instrument over a longer time period during authentic work tasks. In addition, the whole working process could be evaluated, i.e. the decontamination of the prototype. It can be recommended to keep this clinical work-phase as part of the instruments' development processes.

As in the simulation study, the participants in the clinical work were motivated and gave detailed feedback about the usability of the prototype. Both the structured VAS query and the possibility for the give free comments, labelled as "advantages" and "barriers" for the usability, give important



information for the development process. The size of this study group in a clinical setting (43) is large enough to interpret the usability results in this case project.

In addition to the present results, it would also be recommended to take into consideration the results of the previous sub-studies. The co-operation between the researchers, manufacturers and experienced dental professionals has ensured an active and open-minded process during the development of dental instruments.

References

Nevala N, Sormunen E, Remes J, Suomalainen K. Ergonomic and productivity evaluation of scaling instruments in dentistry. *The Ergonomics Open Journal* 2013; 6, 6-12.

Price D, McGrath PA, Rafii A, Buckingham B. The validation of visual analogue scale as ratio scale measure for chronic and experimental pain. *Pain* 1983; 17, 45-56.

Sormunen E. Hammashuollon käsi-instrumenttien ergonomia ja käytettävyys, vaihe II. Raportti. LM Instruments Oy. 2012.

Sormunen E, Nevala N. User-oriented evaluation of mechanical single-channel axial pipettes. *Applied Ergonomics* 2013; 44 (5), 785-791