



LEA SAARNI

Kontrolloitu interventiotutkimus  
koulutyöpisteiden vaikutuksista koululaisten  
tuki- ja liikuntaelinten terveyteen



AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA

Esitetään Tampereen yliopiston  
lääketieteellisen tiedekunnan suostumuksella  
julkisesti tarkastettavaksi terveystieteen laitoksen  
luentosalissa, Medisiinarinkatu 3, Tampere,  
huhtikuun 25. päivänä 2009 kello 12.

English abstract

TAMPEREEN YLIOPISTO

AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA  
Tampereen yliopisto, terveystieteen laitos  
Doctoral Programs in Public Health (DPPH)

*Ohjaajat*

Professori Arja Rimpelä  
Tampereen yliopisto  
Professori Clas-Håkan Nygård  
Tampereen yliopisto

*Esitarkastajat*

Professori Sirkka Keinänen-Kiukaanniemi  
Oulun yliopisto  
Professori Veikko Louhevaara  
Kuopion yliopisto

Myynti  
Tiedekirjakauppa TAJU  
PL 617  
33014 Tampereen yliopisto

Puh. (03) 3551 6055  
Fax (03) 3551 7685  
taju@uta.fi  
www.uta.fi/taju  
<http://granum.uta.fi>

Kannen suunnittelu  
Juha Siro

Taitto  
Maria Juusela

Acta Universitatis Tamperensis 1390  
ISBN 978-951-44-7634-1 (nid.)  
ISSN 1455-1616

Acta Electronica Universitatis Tamperensis 817  
ISBN 978-951-44-7635-8 (pdf)  
ISSN 1456-954X  
<http://acta.uta.fi>

Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print  
Tampere 2009

# SISÄLLYSLUETTELO

ALKUPERÄISET OSAJULKAISUT .....	5
LYHENTEET .....	6
TIIVISTELMÄ .....	7
ABSTRACT .....	9
JOHDANTO .....	11
KIRJALLISUUSKATSAUS .....	15
Kouluikäisen kasvu .....	15
Koulutyöpisteet .....	17
Koululaisten työskentelyasennot oppituntien aikana .....	18
Tuki- ja liikuntaelinten (TULE) terveys .....	19
Johdanto .....	19
TULE -kuormittuneisuus .....	20
TULE -kivut .....	20
TULE -oireiden yhteys työpisteiden sopivuuteen ja työskentelyasentoihin .....	22
Kouluikäisen selän asento ja liikkuvuus ja niiden yhteys työpisteiden sopivuuteen .....	22
Koulutyöpisteiden ominaisuudet koululaisten arvioimana .....	25
Yhteenveto koulutyöpisteisiin liittyvistä tutkimuksista .....	25
TUTKIMUKSEN TAVOITTEET .....	28
TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT .....	29
Koeasetelma, koehenkilöt ja mittauksen ajallinen kulku .....	29
Työpisteet .....	33
Mittausmenetelmät .....	34
Kehon fyysiset mitat ja koulutyöpisteen mitat .....	34
Videomittaukset .....	35
Ryhtimittaukset .....	36
Kyselylomakkeet .....	37
Tilastolliset analyysimenetelmät .....	39
Tutkimuksen eettiset näkökulmat .....	40
TULOKSET .....	41
Kehon mitat .....	41
Koulutyöpisteiden mitat .....	42

Työskentelyasennot.....	43
Tuki- ja liikuntaelinoireet.....	46
Selän ryhti ja liikkuvuus .....	50
Työpiisteiden mielekkyys ja niiden hyvät ja huonot ominaisuudet .....	50
POHDINTA.....	52
Koeasetelma .....	54
Koehenkilöt.....	55
Kehon mitat ja koulutyöpiisteet .....	56
Videoinnin käyttö istuma-asentojen havainnoimiseksi.....	57
Ryhtimuutokset .....	58
Kyselylomakkeet TULE -oiretasojen ja koulutyöpiistemielipiteiden mittauksissa.....	60
Tilastolliset analyysimenetelmät.....	61
JOHTOPÄÄTÖKSET.....	62
SUOSITUKSET.....	63
KIITOKSET.....	64
LÄHTEET.....	66

## ALKUPERÄISET OSAJULKAISUT

Väitöskirja perustuu alkuperäisjulkaisuihin, joihin viitataan tekstissä roomalaisin numeroin.

- I Saarni L, Nygård C-H, Kaukiainen A ja Rimpelä A (2007): Are the desks and chairs at school appropriate? *Ergonomics* 50(10):1561-1570.
- II Saarni L, Nygård C-H, Rimpelä A, Nummi T ja Kaukiainen A (2007): Working postures among schoolchildren – a controlled intervention study on the newly designed workstations. *The Journal of School Health* 77(5):240-247.
- III Saarni L, Rimpelä A, Nummi T, Kaukiainen A, Salminen JJ ja Nygård C-H (2009): Do ergonomically designed workstations decrease musculoskeletal symptoms in children? A 26-month prospective follow-up study. *Applied Ergonomics* 40(3):491-499.
- IV Saarni L, Nygård C-H, Nummi T, Kaukiainen A ja Rimpelä A (Arvioitavana): Comparing the effects of two school workstations on spine positions and mobility, and opinions of the workstations – A 2-year controlled intervention. *International Journal of Industrial Ergonomics*.

Alkuperäisjulkaisujen jälkipainokset ovat kustantajien luvalla julkaistu. Väitöskirjassa esitetään myös julkaisemattomia tuloksia.

## LYHENTEET

TULE	Tuki- ja liikuntaelimet
ANOVA	Varianssianalyysi (Analysis of Variance)
CR 10 -skaala	Kategorinen suhdeasteikko (0-10) (Category Ratio 10 Scale)
FIOH	Suomen Työterveyslaitos (Finnish Institute of Occupational Health)
OWAS	Työasentojen arviointimenetelmä (Ovako Working posture Analyzing System)
VAS	Visuaalinen analoginen asteikko (0-100mm) (Visual Analogue Scale)
SPSS	Tilastollinen analysointiohjelma (Statistical Package for Social Sciences)
Vaslines	Janamuotoisen tiedon (VAS) syöttöön tarkoitettu ohjelma
R	Tilastollinen ohjelmisto ja tilastolliseen ohjelmointiin soveltuva ohjelmointikieli (Internetistä maksutta ladattavissa)
LME	Lineaarinen sekamalli (Linear mixed-effects model)

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää uudenmallisen satulatuolin ja etuosasta kaarevan koulutyöpöydän sopivuutta koululaisten kehon mittoihin ja vaikutuksia koululaisten istuma-asentoon, tuki- ja liikuntaelinoireisiin (TULE -oireisiin) ja selän ryhtiin sekä mielipiteisiin koulutyöpisteistä verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin kahden vuoden seurannan aikana.

Tutkimus perustui vuosina 2002–2004 tehtyyn kontrolloituun interventioon, jossa oli mukana 101 koululaista kahdesta ruotsinkielisestä peruskoulusta. Tampereen koulu oli koekouluna (46 koululaista) ja Porin koulu oli kontrollikouluna (55 koululaista). Koululaiset olivat tutkimuksen alkaessa keväällä 2002 keski-ikältään 12-vuotiaita (6. luokkalaiset) ja 14-vuotiaita (8. luokkalaiset). Kontrollikoulun kaksi koululaista siirtyivät koekouluun opiskelemaan syksystä 2002 ja heidät on tilastollisissa analyyseissä sijoitettu koko seurannan aikana kuuluvaksi koekoulun koululaisiksi. Lisäksi kontrollikoulun vanhempi vuosiluokkaryhmä (n=29) jäi pois tutkimuksesta toisena seurantavuotena, joten vertailu koe- ja kontrollikoulun vanhemman ikäryhmän osalta jäi pois toisena seurantavuotena. Kontrollikoululaiset käyttivät koko tutkimuksen ajan tavanomaisia, perinteisiä koulutyöpisteitä. Koekoulussa uudenmallisena koulutyöpisteenä käytettiin säädettäviä kalusteita, pyörälistä satulatuolia ja etuosastaan kaarevaa, kyynärvarsille tukea antavaa työpöytää, jotka säädettiin jokaisen koekoululaisen omien kehon mittojen mukaan sopivaksi. Alkumittaukset tehtiin keväällä 2002 ennen uusien koulutyöpisteiden vaihtoa koekouluun ja samoja mittauksia toistettiin kahden vuoden seurannan aikana useita kertoja koulujen syys- ja kevätlukukausien aikana. Kehon eri suhdemittoja mitattiin viisi kertaa, istuma-asentoja videoitiin oppituntien aikana kaksi kertaa, kartoitettiin lomakekyselyllä kahdeksan kertaa tuki- ja liikuntaelinten kuormittuneisuuden ja kiputunteusten voimakkuuksia ja viisi kertaa mielipiteitä koulutyöpisteen käytöstä. Lisäksi seurannan aikana kartoitettiin lomakekyselyillä kolme kertaa yleiseen terveyteen ja terveystottumuksiin liittyviä tekijöitä. Selän ryhtiä ja liikkuvuutta mitattiin neljä kertaa seurannan aikana.

Tutkimuksen alkutilanteessa kontrolliryhmän koululaisten koulutyöpöydät olivat kaltevuudeltaan suurempia kuin koeryhmäläisten koulutyöpöydät. Seurannan aikana koeryhmän uudenmallisten koulutyöpöytien todettiin olevan keskimäärin sopivamman korkuisia koululaisten kehon mittoihin, mutta uudenmallisen koulutyöpöydän kaltevuus ei eronnut kontrolliryhmän tavanomaisten koulutyöpöytien

kaltevuudesta. Lisäksi uudenmalliset työtuolit olivat selvästi korkeampia ja mahdollistivat keskimäärin suuremman vartalo-reisikulman istuttaessa (125 astetta) kuin tavanomaiset, käytössä olevat työtuolit (100 astetta). Tutkimuksen ensimmäisen seurantavuoden aikana koeryhmän koululaisten selän ja niskan asennot olivat tilastollisesti merkitsevästi neutraalimmat ja suoremmat istuma-asennossa verrattuna tavanomaisia koulutyöpisteitä käyttävien kontrolliryhmän koululaisten asentoihin. Kuitenkin niska-hartiaseudun, yläselän, alaselän ja alaraajojen kuormittuneisuuden ja kivun tuntemustasot olivat kontrolliryhmäläisillä alhaisemmat kuin koeryhmäläisillä, yläraajojen osalta eroa ei ollut. Kahden vuoden seurannan tulokset kuormittuneisuuden ja kipujen osalta olivat pääosin samansuuntaiset kuin yhden vuoden seurannassakin. Ryhmien välillä ei ollut eroa myöskään rintarangan ja lannerangan asennoissa (seisoma-asennossa mitattuna) eikä lannerangan ja ristiinliikkuvuudessa koko seurannan aikana. Koeryhmäläiset pitivät ensimmäisen seurantavuoden aikana uusia koulutyöpisteitä parempina kuin käytössä olevia, tavanomaisia koulutyöpisteitä verrattuna kontrolliryhmäläisiin, mutta kahden vuoden seurannassa eroa ei ollut.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että uudenmallisilla, säädettävillä koulutyöpisteillä oli positiivisia vaikutuksia koululaisten istuma-asentoihin oppituntien aikana ja koululaiset pitivät uudenmallista satulatuolia ja kaarevaa koulutyöpöytää parempina kuin tavanomaista koulutyöpistettä verrattuna kontrolliryhmän koululaisiin, jotka käyttivät tavanomaisia koulutyöpisteitä koko seurannan ajan. Kuitenkin kontrollikoulun koululaiset kokivat seurannan aikana merkitsevästi alhaisempia niskan, selän, rintarangan ja alaraajojen kuormittuneisuuden- ja kivun voimakkuuden tuntemuksia verrattuna koeryhmäläisiin, mutta yläraajojen ja viimeksi kuluneen puolen vuoden aikaisten kiputasojen osalta eroa ei ollut. Selän ryhti- ja liikkuvuusmittojen suhteen koe- ja kontrollikoululaiset eivät eronneet toisistaan koko seurannan aikana. Tämä tutkimus osoitti mukana olleen ikäluokan TULE -terveyteen liittyvien tekijöiden tutkimisen olevan haastavaa koululaisten suurten kasvu- ja kehityserojen vuoksi ja lisäksi koululaisten kokemat TULE -oiretasot olivat hyvin vaihtelevia. Näiden kokemusten vaihtelevuuteen ei ole erityistä syytä tai yksittäistä tekijää, jolla vaihtelua voitaisiin selittää. Kuitenkin tämän tutkimuksen tuloksien perusteella, istuma-asentoanalyysiin liittyen, tutkimuksessa käytetyllä uudenmallisella koulutyöpisteellä voidaan mahdollisesti saada aikaan muutoksia koululaisten TULE -oireisiin ja ryhtiin pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Tämän väitteen paikkansapitävyyden toteamiseksi tarvitaan lisää tämän tutkimuksen kaltaisia pitkän aikavälin satunnaistettuja kontrolloituja interventiotutkimuksia.



## ABSTRACT

The aim of the study was to find out the effects of the new design of chairs and desks on schoolchildren's anthropometrics, sitting postures during school lessons, musculoskeletal symptoms and spine positions and mobility and also on opinions of the workstations compared to conventional workstations.

This study was a controlled intervention with two-year follow-up between February 2002 and May 2004. Participants at baseline totaled 101, 46 in the intervention school and 55 in the control school. Participants of this study were 6<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> grade (12 and 14 year old) schoolchildren from two Swedish speaking comprehensive schools in Finland. After the baseline measurements 2002, the intervention group was equipped with new, adjustable saddle-type chairs with wheels and adjustable desks with comfort curve for the body. Schoolchildren's anthropometrics, sitting postures during school lessons, musculoskeletal symptoms, spine positions and mobility and opinions of the workstations were measured during follow-up.

At the baseline, the desks were on average too high and chairs too low. During follow-up the new design of workstations were more appropriate for the schoolchildren's anthropometrics compared to conventional workstations. The measurements of trunk-thigh angles showed no difference between the groups at baseline, but the saddle-type chairs allowed the thighs to incline significantly more downward than the conventional chairs during intervention. Desk tilt differed significantly between the groups at baseline, but not during follow-up.

The proportion of time schoolchildren sat with their back and neck in upright posture increased more in the intervention group compared to the controls during follow-up. In the intervention group, changes in strain and pain intensity levels were statistically non-significant except in the upper limbs where the symptom intensity levels for present strain and pain decreased. In the control group, the intensity levels of most symptoms significantly decreased over time. From this followed that time effects between the groups differed significantly in all strain and present pain symptom intensity levels except in the upper limbs. Changes in pain intensity levels during the last six months were similar in both groups. In the mixed-effects model, no statistical differences were seen over time during the first 12-months among both age groups or in the 24-month follow-up among the younger age groups either regarding spine positions or mobility between the groups.

At baseline, prior to introduction of the new workstations, workstation-related opinions did not indicate a statistical difference between the intervention and control groups. During the first 12 months, positive changes in opinions were seen among intervention participants and negative changes among controls, the difference between groups being statistically significant. When comparing workstation opinions in the younger age groups during 24 month follow-up, the difference between the intervention and control groups was no longer statistically significant.

This study indicated that musculoskeletal-related factors are very difficult to investigate among this age group for the large growth and developmental differences among children. Additionally, musculoskeletal symptoms are very subjective opinions and vary a lot among children. More randomized controlled trials are needed to prove long-term effects of saddle-type chairs and adjustable desks with comfort curve for the body on schoolchildren's spine positions and musculoskeletal strain and pain levels related to more neutral, upright sitting postures.

## JOHDANTO

Valtioneuvoston periaatepäätöksessä Terveys 2015 -kansanterveysohjelman ensimmäisenä tavoitteena on ”Lasten ja nuorten hyvinvointi lisääntyy, terveydentila paranee ja turvattuuteen liittyvät oireet ja sairaudet vähenevät” (Sosiaali- ja terveysministeriö, STM 2001). Koululaisten terveyden keskeisiä edellytyksiä ovat koulun työskentelyolosuhteet ja niissä työskentelevien eri tahojen yhteistyö koululaisten terveyden ylläpitämiseksi ja edistämiseksi. Hyvän opiskelukyvyn määrittelyn lähtökohtana on, että opiskelu on koululaisen työtä ja koulu on koululaisen työpaikka (Sulander ja Romppanen 2007) (kuva 1). Koulun fyysiseen työympäristöön kuuluu mm. sisäilman ja valaistusolosuhteiden lisäksi ergonomiset olosuhteet. Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus (Stakes) kouluterveydenhuollon oppaan (2002) mukaan koululaisilla tulee olla heidän kokoonsa nähden sopivan kokoiset työpöydät ja -tuolit. Lisäksi oppaassa kehoitetaan kiinnittämään huomiota työn kuormittavuuteen, erityisesti staattisiin työasentoihin sekä muihin ergonomisiin seikkoihin. Myös ryhdin, kehon rakenteen ja liikkuvuuden poikkeavuuksia tulee seuloa vuosittain ja tutkimuksiin tulee liittää myös työasentojen arviointi. Edellä mainittujen suositusten taustalla on tieto siitä, että tuki- ja liikuntaelinoireet (TULE -oireet) ovat kouluikäisillä yleisiä, mm. selkä- ja niska-hartiaoireet (Currie ym. 2000; Wedderkopp ym. 2001; Hakala ym. 2002) ja rintarangan oireet (Trousier 1999; Wedderkopp ym. 2001). Lisäksi on todettu selkä- ja niska-hartiaoireiden lisääntyneen 2000-luvulla (Stakes 2001; Hakala ym. 2002; Stakes 2002; Rimpelä ym. 2004; Stakes 2007). Myös tieto siitä, että alaselkäkipuja (Harreby ym. 1995) ja niska-hartiakipuja (Siivola 2003) kokevat kouluikäiset kärsivät myös aikuisiällä näistä kivuista.

Oireiden lisääntymisen taustalla saattaa olla istumisen määrän lisääntyminen yleisesti, tietokoneiden käytön lisääntyminen sekä koulussa että vapaa-aikana ja television katselu (Tilastokeskus 2008), joihin usein liittyy etukumarassa asennossa istuminen. Auvinen ym. (2008) ovatkin todenneet päivittäisen istumisen kokonaisuutena kouluaikana ulkopuolella (8 tuntia tai yli) olevan yhteydessä alaselkäkipuihin ja alaselkäkivuista johtuviin konsultaatiokäynteihin (lääkäri, fysioterapeutti, sairaanhoitaja tai muu terveydenhuollon ammattilainen) tytöillä, mutta ei pojilla. Yli neljän tunnin istumisen määrä oli kuitenkin yhteydessä niska- tai takaraivokipuihin molemmilla sukupuolilla (Auvinen ym. 2007). Murphy ym. (2004) mukaan kouluikäisten selän ja niskan kumarat asennot koulutyöskentelyn aikana ovat yhtey-

dessä alaselkäkipuihin, lisäksi staattisen istuma-asennon ja pitkäkestoisen paikallaan olon on todettu olevan riskitekijä selän terveydelle, erityisesti alaselkäkipuille (Kumar ja Mital 1992). Koululaiset ovat kertoneet kokevansa koulupäivän loppupuolella enemmän selkäkipuja (Troussier ym. 1999; Panagiotopoulou ym. 2004) ja jalkakipuja (Panagiotopoulou ym. 2004) kuin aamupäivällä. Tutkimusten mukaan ergonomiset, säädettävät työpisteet vähensivät kouluikäisten TULE -kipuja (Linton ym. 1994; Koskelo 2006), mutta vastakkaisiakin tuloksia on esitetty (Troussier ym. 1999; Cardon ym. 2004).

TULE -oireisiin ovat yhteydessä myös biologinen kasvu ja kehitys sekä puberteetin alkamisaika. Mitä aikaisemmin puberteetti alkaa, sitä enemmän esiintyy mm. niska-hartiakipuja, selkäkipuihin aikaisella puberteetilla on heikompi yhteys. (Vikat ym. 2000.) Toisaalta nopealla kasvuvaiheella on todettu olevan yhteyttä selkäkipuihin (Ehrmann-Feldman ym. 2001), mutta selvää yhteyttä painolla (Fairbank ym. 1984; Salminen ym. 1995; Widhe 2001), selän liikkuvuudella (Salminen 1984; Kujala 1994; Harreby ym. 1999; Sjölie ja Ljunggren 2001; Widhe 2001), rintarangan kyfoosin tai lannerangan lordoosin suuruudella (Nissinen 1996) ei ole todettu olevan. Myöskään kehon pituudella ja painolla ei ole todettu olevan yhteyttä niska-hartiakipuihin (Siivola 2003).

Stakesin kouluterveyskyselyn (2008) mukaan 19 % 15-16-vuotiaista ja 13 % 17-18-vuotiaista koki epämukavien työpisteiden haittaavan erittäin paljon heidän koulutyöskentelyään. Koulutyöpisteet ovat usein väärin mitoitettuja suhteessa koululaisten kehon mittoihin (Mandal 1982; Bruynel ja McEwan Stotter 1985; Parcels ym. 1999; Legg ym. 2003; Panagiotopoulou ym. 2004; Gouvali ja Boudolos 2006; Domljan ym. 2008), mutta koska erimallisten työpisteiden ja koululaisten kehon mittojen suhteesta ei ole yhtenäistä käytäntöä, tutkimustulosten vertailu on vaikeaa. Uudenmallisten, säädettävien työpisteiden vaikutuksista TULE -oireisiin on vähän tutkimustuloksia ja tulokset ovat osittain ristiriitaisia (Linton ym. 1994; Aagaard-Hansenin ja Storr-Paulsenin 1995; Troussierin ym. 1999; Cardon ym. 2004; Koskelo 2006).

Istuttaessa perinteisillä työpisteillä, etunojamainen istuma-asento oli yleisin työskentelyasento koululaisten keskuudessa (Karvonen ym. 1962; Koskelo 2006). Tutkimukset ovat osoittaneet perinteisten työpisteiden saavan aikaan niskan eteenpäin kumaria asentoja ja vartalo-reisikulman pienentymistä (Mandal 1982; Marshall ym. 1995; Murphy ym. 2003; Koskelo 2006). Oppilaiden on todettu istuvan suurimman osan oppitunnista ja yleisimmin selkä etukumarassa asennossa (Cardon ym. 2004). Tällainen etukumara asento lisää mm. lannerangan välilevyihin kohdistuvaa painetta (Keegan 1953; Szeto ym. 2002; Vergara ja Page 2002). Työpisteiden

uusilla malleilla, esimerkiksi satulatuolilla ja säädettävällä työpöydällä (Koskelo 2006) ja työpisteiden säädöillä ja käytötavalla (Cardon ym. 2004) voidaan vaikuttaa koululaisten istuma-asentoihin, selän dynamiikkaan ja siten myös selän kuormittumiseen.

Koululaiset pitivät usein uusia työpisteitä parempina ja mukavampina kuin tavanomaisia, vanhoja työpisteitään (Linton ym. 1994; Aagaard-Hansen ja Storr-Paulsen 1995; Marchall ym. 1995; Troussier ym. 1999; Koskelo 2006). Vaikka uudet koulutyöpisteet tuntuivat koululaisista mukavammilta, eivät he kuitenkaan aina istuneet selkä neutraalissa, suorassa asennossa oppituntien aikana (Linton ym. 1994). Mandal (1982) kehottikin kiinnittämään huomiota tuolien ja pöytien korkeuteen ja muotoiluun, jotta koululaisten selän suurempi asento mahdollistuisi koulutyöskentelyn aikana.

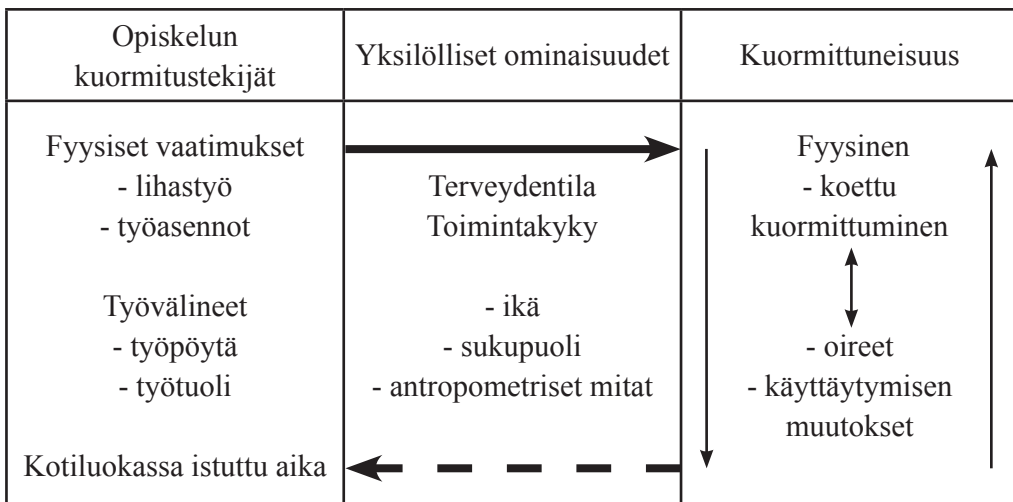


Kuva 1. Hyvän opiskelukyvyn malli (Sulander ja Romppanen 2007), malli sovellettuna tämän tutkimuksen kouluikäisiin.

Hyvän opiskelukyvyn malliin liittyen (Sulander ja Romppanen 2007) tässä tutkimuksessa mitattiin opiskelijan terveyteen ja opiskeluympäristöön liittyviä tekijöitä. Tutkimuksen aikana selvitettiin, miten nämä tekijät vaikuttavat toisiinsa seurannan aikana. Opiskelijan terveyteen liittyen tarkasteltiin tuki- ja liikuntaelinoireita ja opiskeluympäristöön liittyen koulutyöpisteitä ja koulutyön ergonomiaa. Näi-

den tekijöiden yhteyden tutkimisen teoreettisena viitekehysenä oli Rutenfranzin (1985) työkuormituksen ja siitä Nygårdin (1988) edelleen TULE -toimintakykyyn kehittämä aikuisten työkuormituksen viitekehys, jota käytettiin soveltuvin osin kouluikäisiin. Tässä koululaisten TULE -terveyden ja koulutyöpisteiden yhteyttä ja vaikutuksia toisiinsa tarkasteltiin kuorma-kuormittuminen malliin pohjautuen. Kuvassa 2 on esitetty vain ne työkuormituksen viitekehysten osatekijät, joita tässä tutkimuksessa on tutkittu. Tässä mallissa oletetaan, että koulutyöstä aiheutuvat kuormat eivät aiheuta kaikille koululaisille samanlaisia kuormittuneisuuden tunteita ja reaktioita, vaan kuormittuneisuuden tunteen taso vaihtelee yksilöittäin, pohjautuen yksilöllisiin ominaisuuksiin ja kokemuksiin. Lisäksi kuormittuneisuuden tuntemukset ja reaktiot (esim. oireet) saattavat ilmetä yksilöllisesti hyvinkin erilaisessa järjestyksessä, esimerkiksi koettu fyysinen kuormittuminen voi saada aikaan fyysisiä oireita, kuten selkäkipua tai päinvastoin.

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää, kuinka nyt käytössä olevat, tavanomaiset työpisteet sopivat koululaisten kehon mittoihin verrattuna uudenmallisiin työpisteisiin ja onko uudenmallisella työpisteellä vaikutusta koululaisten istuma-asentoihin oppituntien aikana. Lisäksi haluttiin selvittää millainen vaikutus uudenmallisella työpisteellä on koululaisten tuki- ja liikuntaelinoireisiin ja selän ryhtiin sekä mielipiteisiin työpisteistä seurantavuosien aikana verrattuna tavanomaisiin työpisteisiin.



Kuva 2. Sovellettu kuorma-kuormittuminen -malli seurantatutkimuksen viitekehysenä (Rutenfranz 1985, Nygård 1988)

# KIRJALLISUUSKATSAUS

## Kouluikäisen kasvu

Koululaisten keskimääräinen pituus on lisääntynyt selvästi 1900-luvulla (taulukko 1), mutta työpisteiden malleissa ja säädettävyydessä ei ole samaan aikaan tapahtunut kehittymistä. Koskenniemen ja Saarisen (1956) mukaan niiden koululaisten, jotka elivät ja kehittyivät puutteellisissa oloissa 1940-luvulla, pituuden ja painon kehitys hidastui ja niillä, joilla elinolot olivat suotuisimmat, fyysinen kehitys eteni normaalisti. Mellin ym. (1988) mukaan 13-14 -vuotiaiden koululaisten vuosittainen pituuskasvu oli pojilla merkittävästi suurempaa (6,9 cm) kuin tytöillä (4,2 cm). Samansuuntaista pituuskasvueroa on esittänyt Nissinen (1996), jonka mukaan pojat alkoivat kasvaa tytöistä ohi vasta noin 14-vuotiaana. Suurin pituuskasvu ja istumapituuden pyrähdys ajoittui tytöillä 12 -ikävuoteen (7,5 cm, 5,5 cm), pojilla vastaavasti 13:een (7,9 cm) ja 12 ikävuoteen (5,2 cm). Tytöillä istumapituus oli poikiin verrattuna koko seurannan ajan merkittävästi suurempi. Ehrmann-Feldmanin ym. (2001) kanadalaisessa seurantatutkimuksessa kouluikäiset (keski-ikä 14 vuotta) kasvoivat ensimmäisen puolen vuoden seurannan aikana (syksystä keväeseen) 1,6 cm ja toisen vuosipuoliskon aikana (keväästä kesään) 2,8 cm. Roihan (2004) Saksassa tehdyn tutkimuksen mukaan pituuskasvu lisääntyi tytöillä 15 ikävuoteen asti, suurin kasvupyrähdys oli 12-13 -ikävuoden välillä (keskimäärin 12 cm). Pojilla kasvua kesti 18 ikävuoteen asti ja suurin kasvupyrähdys ajoittui samaan ikäkauteen kuin tytöillä, mutta kasvu oli keskimäärin suurempaa (15 cm). Kouluikäisten kasvuun liittyy suuria yksilöiden välisiä eroja pituuden kehityksen suhteen. Jokainen yksilö kasvaa omaan tahtiin ja näin ollen samanikäiset saattavat olla hyvinkin eripituisia.

Kasvu tapahtuu kaikilla samojen säännönmukaisuuksien mukaan, esim. raajojen kasvu on nopeampaa ennen puberteettia kuin vartalon kasvu ja raajojen pituus on 17-vuotiaana noin 48 % vartalon pituudesta. Puberteetin aikana vartalon ja selän kasvu näkyy selvemmin ja kehon mittasuhteet tasoittuvat. (Koskenniemi ja Saarinen 1956; Perheentupa ja Kantero 1973.) Kouluikään sisältyy monia tärkeitä yksilön kehityksen vaiheita esim. biologinen kypsyminen ja puberteetti. Murrosikä alkaa tytöillä noin 11 vuotiaana ja pojilla noin 13 vuotiaana. Murrosikään kuuluu mm. kasvuhuippu, sukukypsytyden alkaminen ja painoerojen kasvu. Pojilla painoa kertyy enemmän, johtuen lihaksiston kasvusta, tytöillä painon lisäys perustuu pää-

asiassa rasvakudoksen lisääntymiseen. (Nupponen 1997.) Varhain kypsyvät pojat ovat fyysisesti voimakkaampia kuin keskimääräisesti tai myöhään kypsyvät, ty- töillä tämä ero on samansuuntainen, mutta ei niin selvä (Beunen ym. 1988). Ty- töillä murrosiän kasvuhuippu tapahtuu 10-14 vuoden iässä ja pojilla kaksi vuotta myöhemmin. Raajojen kasvu pysyy tässä vaiheessa tasaisena, mutta selkärangan ja lantion kasvussa tapahtuu selvää kiihtymistä. (Nikku 1999.) Vaikka pituuskas- vun pyrähdysvaiheen tiedetään tapahtuvan, ei sitä ole otettu huomioon työpisteiden säätämisisä koulussa. Koulutyöpisteet ovat usein myös ilman säätömahdollisuutta tai niitä ei ole säädetty koululaisten kehon mittojen suhteen kasvua seuraten, vaan kaikilla koululaisilla on samankokoiset ja -korkuiset työpisteet.

Kouluikäisten koko kehon pituuden ei ole todettu olevan yhteydessä ryhtimuu- toksiin (Salminen 1984). Kuitenkin suurella koko kehon pituudella on todettu ole- van yhteyttä kouluikäisten selkäkipuihin (Salminen 1984; Nissinen 1996; Steele ym. 2001; Milanese ja Grimmer 2004) ja niskakipuihin (Murphy ym. 2004). Myös istumapituudella on yhteys selkäkipuihin (Fairbank ym. 1984; Nissinen 1996; Stee- le ym. 2001). Lisäksi kovan kasvupyrahdyksen (yli 5 cm puolessa vuodessa) on to- dettu lisäävän selkäkipujen esiintyvyyttä (Ehrmann-Feldman ym. 2001). Kuitenkin Fairbank ym. (1984), Kujala ym. (1992) ja Balague ym. (1993) raportoivat vastak- kaisia tuloksia koko kehon pituuden yhteydestä selkäkipuihin ja Poussa ym. (2005) esittää kehon lyhyen pituuden olevan riskitekijä niskakivuille.

Taulukko 1. Kouluikäisten mitattujen keskimääräisten koko kehon pituuksien (cm) muuttuminen vuosikymmenten kuluessa Suomessa, sukupuolittain eri ikäryhmissä.

	Koko kehon pituus (cm)							
	Työt				Pojat			
	12-v.	13-v.	14-v.	15-v.	12-v.	13-v.	14-v.	15-v.
<b>Lojander</b> (1927)	146 (n=82)	150 (n=99)	155 (n=120)	157 (n=110)	145 (n=109)	148 (n=178)	152 (n=180)	160 (n=202)
<b>Ruotsalainen</b> (1934)	143 (n=323)	148 (n=280)	-	-	142 (n=315)	146 (n=272)	-	-
<b>STV</b> (1940)	143 (n=3592)	150 (n=3026)	156 (n=2697)	159 (n=2247)	142 (n=3732)	148 (n=3265)	154 (n=2969)	162 (n=2475)
<b>Dahlström ym.</b> (1982)	-	154 (n=111)	-	-	-	153 (n=125)	-	-
<b>Salminen</b> (1984)	-	158 (n=54)	-	165 (n=54)	-	159 (n=54)	-	171 (n=54)
<b>Mellin ym.</b> (1988)	-	-	161 (n=30)	-	-	-	161 (n=30)	-
<b>Nissinen</b> (1996)	152 (n=482)	158 (n=433)	162 (n=436)	-	149 (n=510)	156 (n=474)	163 (n=474)	-

n, henkilömäärä, STV, Suomen Tilastollinen Vuosikirja



## Koulutyöpisteet

Koululaisten koulutyöpisteet ovat usein samankokoisia eikä säätömahdollisuutta ole. Sama työpiste oli Leggin ym. (2003) ja Domljanin ym. (2008) mukaan sopimaton eripituisille koululaisille, koska samanikäiset koululaiset, samalla luokalla, saattavat olla hyvinkin eripituisia. Esimerkiksi Parcells ym. (1999), Panagiotopoulou ym. (2004), Wingrat ja Exner (2005) ja Gouvali ja Boudolos (2006) tutkimuksissa työpisteet olivat liian korkeita ja Bruynel ja McEwan Stotterin (1985) tutkimuksen mukaan liian matalia suhteessa kouluikäisten kehon mittoihin.

Koululaisten työolosuhteista ja koulutyöpisteiden rakenteesta, mitoituksista ja sopivuudesta koululaisten kehon mittoihin ei ole Suomessa olemassa säädöksiä eikä lakia, vain suosituksia. Stakesin (2002) suosituksessa esitetään, että ”Oppilailla tulee olla heidän kokoonsa nähden sopivan kokoiset työpöydät ja -tuolit. Työn kuormittavuuteen, erityisesti staattisiin työasentoihin sekä muihin ergonomisiin seikkoihin, tulee kiinnittää huomiota. Kun oppilaan terveystarkastuksissa tai muissa tapaamisissa havaitaan niska-, hartia- tai selkävaivoja, tulee kouluterveydenhuollon selvittää oppilaan koulutyötä ja hänelle tarjolla olevia koulukalusteita ergonomian kannalta”. Lisäksi opas suosittelee, että kouluyhteisön työolot tulee tutkia ja arvioida joka kolmas vuosi arviointiryhmän (koulutoimen, koulun työterveyshuollon, oppilaiden ja kouluterveydenhuollon edustajat) toimesta. Esimerkiksi Tanskassa koululaisten turvallisen ja hyvän opiskeluympäristön turvaamiseksi on laadittu asetus v. 2001, ”The Danish Act of Evaluation of the Educational Environment in Schools”. Opiskeluympäristön arvioinnin toteutumista tulee koulujen rehtorien seurata vuosittain. Suomessa aikuisten työtä ja työolosuhteita, kuten ergonomiaa, fyysistä, henkistä ja sosiaalista kuormittavuutta koskevat säännökset ovat työturvallisuuslaissa määritelty (Työturvallisuuslaki 2002).

Suomessa oppilaitosten työpisteiden mitoituksille on omat ergonomiastandardit, jotka perustuvat eurooppalaisen standardoimisjärjestön, European Committee for Standardization (CEN) laatimiin standardeihin, jotka on vahvistettu suomalaisiksi kansallisiksi standardeiksi (SFS-ENV 1729-1: Kalusteet. Oppilaitosten tuolit ja pöydät. Osa 1: toiminnalliset mitat). Standardit ovat luonteeltaan suosituksia ja niiden käyttö on vapaaehtoista. Standardoinnin avulla tuotteet ja menetelmät sopivat siihen käyttöön ja niihin olosuhteisiin, joihin ne on tarkoitettu. (Suomen Standardisoimisliitto 2001.) Standardit koskien työtuoleja, soveltuvat vain perinteisten, tavallisten työtuolien (istuma-asennon vartalo-reisikulma noin 90 astetta) mittasuhteiden tarkasteluun eikä niissä huomioida korkeampien, säädettävien työtuolien vaatimuksia mittapisteiden suhteen. Standardeihin liittyvä fyysinen ergono-

mia tarkastelee ihmisen anatomisia, antropometrisia, fysiologisia ja biomekaanisia ominaisuuksia fyysisessä toiminnassa. Keskeisiä aiheita ovat työasennot, materiaalin käsittely, toistoliikkeet, työperäiset tuki- ja liikuntaelinsairaudet, turvallisuus ja terveys. (Suomen Ergonomiayhdistys, ERY 2008, [http://www.ergonomiayhdistys.fi/ergonomia\\_maaritelma.html](http://www.ergonomiayhdistys.fi/ergonomia_maaritelma.html).)

Työterveyslaitos (1986) on laatinut aikuisten työtilan mitoitukselle ohjeet, jotka sisältävät työliikkeiden asettamat vaatimukset työpöydän ja -tuolin korkeudelle. Työterveyslaitoksen mukaan työpiste on mitoitettava kunkin työntekijän kehon mittojen mukaan ja työasennon valintaa ja asennon vaihtelua varten on jätävä riittävästi tilaa. Ihmisen kehon mittoja pidetään vertailukohtana mitoitettaessa työpisteitä eri käyttäjille ja käyttäjäryhmille. Työpöytä tulee säätää kevyessä työssä, jossa tarvitaan vähemmän tarkkuutta eikä vaadita käsiltä suurta liikkuvuutta, 50-70 mm (Työterveyslaitos 1986) tai 50 mm (Bendix ym. 1985) kyynärkorkeutta ylemmäksi. Työtuolin istuinpinnan etureunan sopiva korkeus on suunnilleen sama kuin polvitaipteen korkeus kengät jalassa (Työterveyslaitos 1986). Mandal (1982) kehoitti kiinnittämään huomiota tuolien ja pöytien korkeuteen ja muotoiluun, jotta koululaisten selän suorempi asento mahdollistuisi koulutyöskentelyn aikana. Hän osoitti, että korkea istuma- ja työskentelyasento auttaa hyvän asennon säilymistä ja suositteli korkeampia työpisteitä; pöydän korkeuden tulisi olla puolet ja tuolin 1/3 koululaisen pituudesta.

## Koululaisten työskentelyasennot oppituntien aikana

Istuttaessa tavanomaisilla, käytössä olevilla koulutyöpisteillä, etunojamaisen istuma-asennon on todettu olevan suosituin työskentelyasento koululaisilla (Karvonen ym. 1962; Koskelo 2006). Tavanomaisten, käytössä olevien työpisteiden on todettu saavan aikaan niskan eteenpäin kumaria asentoja ja vartalo-reisikulman pienenemistä (Mandal 1982; Marchall ym. 1995; Murphy ym. 2004; Koskelo 2006). Oppilaat istuvat suurimman osan oppitunnista ja yleisimmin selkä etukumarassa asennossa (Cardon ym. 2004), joka lisää mm. lannerangan välilevyihin kohdistuvaa painetta (Keegan 1953; Szeto ym. 2002; Vergara ja Page 2002). Työpisteiden uusilla malleilla, esimerkiksi satulatuolilla ja säädettävällä työpöydällä (Koskelo 2006) ja työpisteiden säädöillä ja käyttötavalla (Cardon ym. 2004; Wingrat ja Exner 2005) on voitu vaikuttaa koululaisten istuma-asentoihin, selän dynamiikkaan ja siten myös selän kuormittumiseen.

## Tuki- ja liikuntaelinten (TULE) terveys

### Johdanto

Terveyden käsitettä voidaan tarkastella sekä koetun terveyden että havaitun terveyden kautta. Koettua terveyttä kutsutaan subjektiiviseksi ja havaittua objektiiviseksi. Terveys koetaan aina olotilana suhteessa johonkin. Terveyttä pidetään yksilön ominaisuutena, toimintakyknä, voimavarana, tasapainona tai kyknä selviytyä ja suorittaa elämässään. Terveys ymmärretään myös täydellisenä fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin tilana, jossa fyysisellä terveydellä tarkoitetaan elimistön hyvää toimimista, psyykinen terveys kykyä hyödyntää omia henkisiä voimavaroja ja sosiaalinen terveys kykyä solmia ja ylläpitää ihmissuhteita. (Savola ja Koskinen-Ollonqvist 2005.) Stakesin (2008) mukaan 51 % peruskoululaisista (8. ja 9. luokka) koki terveydentilansa (kysymys ei erotellut fyysistä/psyykkistä terveyttä) melko hyväksi, tytöt keskimäärin hiukan useammin. Sulanderin ja Romppasen (2007) mukaan 47 % peruskoulun jo käyneistä opiskelijoista (keski-ikä 22, vaihteluväli 16-47) koki fyysisen terveytensä melko hyväksi, myös tässä ikäryhmässä naiset (83 %) kokivat terveytensä jonkin verran miehiä (75 %) paremmaksi.

TULE -kuormittuneisuus ja sen mahdollinen kumuloituminen, johtaen kiputuntemukseksi, on subjektiivinen kokemus ja jokaisen yksilöllisesti määrittelemä (Merskey ja Bogduk 1994). Subjektiivinen kipukysely on tutkimuksellisesti tärkein kivun mittaamismenetelmä. Kivun muuttumiselle akuutista krooniseksi ei ole selvää selitystä. Akuutista kivusta puhutaan silloin, kun kipujakso on kestänyt 0-7 viikkoa (Suomen kivuntutkimusyhdistys 2008). Akuutti kipu ei saa aikaan pitkäaikaisia muutoksia hermoston tasolla eli kivun loppuessa nosiseptiivinen systeemi palautuu normaaliin tilaansa (Mense ym. 2001). Kivun kestäessä 7 viikosta 3 kuukauteen, määritellään se subakuutiksi. Krooniseksi kipua kutsutaan silloin, kun kipujakso on kestänyt yli kolme kuukautta. (Suomen kivuntutkimusyhdistys 2008.)

TULE -oireiden (kohteena luut, nivelet, jänteet, nivelsiteet tai lihakset) taustalla voi olla monia eri tekijöitä. Syynä voi olla esimerkiksi akuutti vamma tai krooninen ylikuormitustila. Yleisin luukivun taustalla oleva tekijä on trauma, polvinivelkivun polvikierukan repeämä, jännekivun taustalla ylikuormitus ja nivelsidekivun taustalla esimerkiksi revähdyt. Lihaskipu taas voidaan jakaa akuuttiin lihaskipuun, jonka taustalla on yleisimmin urheiluvamma, ja krooniseen lihaskipuun, jonka syy jää usein epäselväksi. (Barr 2007.)

Suomen Kansallinen TULE -ohjelma on politiikka- ja toimenpideohjelma vuosille 2008-2015 (Suomen TULE ry. 2007). Ohjelman päämääränä on väestön parempi

TULE -terveys ja sen väestöryhmien välisten erojen pieneneminen. Ohjelman yksi kohdealue on päiväkodit, koulut ja oppilaitokset, joissa korostetaan työtapojen ja työpisteiden ergonomian kehittämistä TULE -terveyttä edistävään ja selkävaivoja ehkäisevään suuntaan. TULE -sairauksien spesifisessä ehkäisyssä painotetaan lasten ja nuorten skolioosin ja selkäsairauksien varhaiseksi toteamiseksi toteutettavia koulutuksia ja seulontatutkimuksia kouluterveydenhuollossa.

### TULE -kuormittuneisuus

Kouluikäisten koulutyöstä johtuvaa TULE -kuormittuneisuutta ei ole määritelty, mutta Cedercruzin (2001) mukaan aikuisten TULE -kuormittuneisuus työskentelyn aikana määritellään seuraavasti: ”Työasentokuormitus selän eri kudoksiin aiheutuu kehonosien painosta, niiden sijainnista toisiinsa nähden ja tasapainon ylläpitämiseen vaadittavasta lihastyöstä. Äärikumaran ja samanaikaisesti kiertyneen asennon yhteydessä pelkkä ylävartalon paino riittää aiheuttamaan selkään kudoksia vaurioittavia voimia.” Tämä aikuisten työkuormituksen määritelmä sopii sovellettuna myös kouluikäisille. Istumatyötä on pidetty kevyenä, koska se kuormittaa hengitys- ja verenkiertoelimistöä vähemmän kuin seisomatyö. Istumatyössä niskan ja käsien staattinen asento tai toistoliikkeet yläraajoissa ja sormissa kuormittavat liikuntaelimiä. Kaularangan ja niska-hartiaseudun kuormitukseen vaikuttavat sekä niskan että yläraajan asento, edullisin asento olisi mahdollisimman neutraali pään asento. (Kukkonen ja Takala 2001.) Erilaiset yläraajojen lihasten kiputilat voivat olla toistotyön aiheuttamia. Toistotyöllä tarkoitetaan useimmiten yläraajojen ääri-osien liikkeitä, kun taas lähempänä vartalon keskustaa olevien yläraajojen osien tehtävänä on tukea yläraajaa. (Ketola 2001). Edellä mainittuja istumatyöhön liittyviä kehon kuormittuneisuuden piirteitä voidaan soveltaa myös koululaisten koulutyöskentelyyn, sen ollessa myös osittain istumatyötä.

### TULE -kivut

Kivun määritelmässä on huomioitava, että kipu on aina subjektiivinen kokemus ja jokainen yksilö määrittelee kivun sen mukaan, millaisia aikaisempia kokemuksia hänellä on esimerkiksi tapaturmasta johtuneesta kivusta (Merskey ja Bogduk 1994). Yleinen kivun määritelmä on Merskeyn (1986) mukaan epämiellyttävä aisti- ja tunnekokemus, johon liittyy todellinen tai mahdollinen kudonvaurio, tai siihen kuvaillaan liittyvän kudonvaurion. Kipu on kokemus, jolla ei ole selvää ärsyke-vaste suhdetta eli jokainen ärsyke ei saa aikaan samanlaista ja -määräistä kipua.

Kivun kokemus on kokonaisuudessaan kompleksinen ja siihen vaikuttavat monet psykologiset (esim. stressi) ja fysiologiset tekijät (Scudds 1983), esim. lihasväsymys (Takala 1993). Niskakipu voi ilmetä jännittyneisyytenä niskan alueella tai säteilevänä kipuna yläraajoihin tai päähän (Merskey ja Bogduk 2004). Lannerangan alueelta kipu voi säteillä nivuseen, pakaraan tai alaraajoihin (Bogduk ja Barnsley 1999) ja välilevyperäinen alaselkäkipu voi säteillä alaraajoihin, polven alapuolelle, jolloin puhutaan iskiaskivusta (Kaila-Kangas 2006).

Lasten ja nuorten (12-18-v.) TULE -kivut, erityisesti niska-, hartia- ja alaselkäkivut ovat yleisiä (vuosina 1987-89 vähintään kerran viikossa kipuja: tytöt 19 %, pojat 12 %) ja lisääntyneet selvästi 1990 -luvulla (vuosina 1995-97: tytöt 30 %, pojat 17 %) (Rimpelä ym. 1997; Hakala ym. 2002). Siirryttäessä 2000 -luvulle näiden kipujen lisääntyvyys alkoi taittua (Stakes 2001; Stakes 2002), mutta vuoden 2007 Kouluterveyskyselyn mukaan niska-hartiakipujen (esiintyvyys noin kerran viikossa) yleisyys on alkanut taas lisääntyä: 8 -luokka tytöt 21 %, pojat 15 % ja 9 -luokkalaisten tytöt 25 %, pojat 16 % ja vastaavasti alaselkäkipujen osalta 11 %, 10 % ja 13 %, 12 % (Stakes 2007). Mikkelsenin (1998) seurantatutkimuksen mukaan koululaisten viikoittaisista TULE -kivuista niska ja alaraajakivut olivat yleisimpiä eikä sukupuolieroja ilmennyt, paitsi yläselän kipujen osalta, joita tytöt kokivat enemmän. Siivola (2003) totesi 7 vuoden seurantatutkimuksessaan koululaisten (15-18 -v.) viikoittaisien niska-hartiakipujen lisääntyvän selvästi iän myötä (17 % → 28 %).

Koululaiset ovat kertoneet kokevansa koulupäivän loppupuolella enemmän selkäkipuja (Troussier ym. 1999; Panagiotopoulou ym. 2004) ja jalkakipuja (Panagiotopoulou ym. 2004) kuin aamupäivällä. Lisäksi Ehrmann-Feldmanin ym. (2001) tutkimuksen mukaan niskan-, yläraajojen ja yläselän kivut olivat yleisimpiä ja kouluikäisten viikoittaiset niska- ja yläraajakivut lisääntyivät enemmän siirryttäessä syksystä kevääseen (19,9 %) kuin keväästä syksyyn (13,3 %). Tutkijoiden mukaan taustalla saattoi olla koulunkäynnistä johtuva lisästressi. Lisäksi taustalla saattoi olla koululaisten kokemat koululaukun painon ja laukun kantamisjakson pituuden aiheuttama kuormittuneisuuden tunne (Haselgrove ym. 2008).

Kouluikäisten TULE -oireiden voimakkuudesta yleensä tai koulutyöpaikkojen vaikutuksista TULE -oireiden voimakkuuteen ei ole tietoa. Ainoastaan niskakivun voimakkuuden lisääntymisellä (itsearviointi, mittarina VAS) on todettu olevan yhteyttä nuorten päänsärkyyn (Laimi 2007).

## TULE -oireiden yhteys työpisteiden sopivuuteen ja työskentelyasentoihin

Erilaisten istuma-asentojen vaikutuksista lannerangan lordoosin suuruuteen on raportoitu jo 1950-luvulla Keeganin (1953) tutkimuksessa, jossa todettiin vartalo-reisikulman suuruuden vaikuttavan lordoosin suuruuteen. Kolme vuosikymmentä tämän jälkeen, Mandal (1982) osoitti, että korkea istuma- ja työskentelyasento auttaa lannerangan lordoosin neutraalin asennon säilymistä. Tämän tutkimuksensa perusteella hän on suositellutkin koululaisille korkeampia työpisteitä.

Välilevyjen paine lisääntyy erityisesti silloin, kun lantio kääntyy taaksepäin, lanneranka oikenee ja istutaan vartalo eteenpäin kumarassa asennossa. (Keegan 1953; Andersson ym. 1974; Horst ja Brinckmann 1981). Työskenneltäessä pöydän äärellä, käsinojien käyttö vähentää osaltaan selän rakenteisiin kohdistuvaa kuormitusta (Schüldt ym. 1986; Chaffin ym. 1999). Lanneranka kuormittuu enemmän ei-tuetussa istuma-asennossa kuin seisoma-asennossa, koska selän ojentajalihasten aktiivisuus lisääntyy lannerangan ollessa enemmän pyöristyneenä. (Callaghan ja Mc Gill 2001). Myös Hedman ja Fernie (1997) raportoivat korkeampia kuormittuneisuuden tasoja lannerangan nikamissa selkä pyöristyneenä kuin notkolla.

Murphy ym. (2004) mukaan kouluikäisten selän ja niskan kumarat asennot koulutyöskentelyn aikana ovat yhteydessä alaselkäkipuihin, lisäksi staattisen istuma-asennon ja pitkäkestoisen paikallaan olon on todettu olevan riskitekijä selän terveydelle, erityisesti alaselkävaurioille (Kumar ja Mital 1992). Kuitenkaan uusi, korkeampi ja säädettävä työpiste (Troussier ym. 1999) ja työpiste, joka mahdollisti selän asentojen vaihteluita (”dynaaminen istuminen”) ja liikkumisen luokkatilassa eri työpisteissä työskennellen (Cardon ym. 2004) ei systemaattisesti vähentänyt kouluikäisten TULE -kipuja.

## Kouluikäisen selän asento ja liikkuvuus ja niiden yhteys työpisteiden sopivuuteen

Kouluikäisten selkärangan muodon normaalijakaumasta, liikkuvuudesta tai selän virheasunnoista löytyy vähän tutkimustietoa. Cailliet (1981) on yleisesti määritellyt ”hyvän asennon” luonnolliseksi, kehoa kuormittamattomaksi asennoksi, jota voidaan ylläpitää mielekkääksi koettu aikajakso. ”Pystyasento on dynaaminen tasapainotila, jonka säilyttämiseksi vaaditaan nivelsiteiden ja lihasten tukea. Seisessä asento on stabiili silloin, kun koko kehon painopiste on jalkaterien rajaaman tukipinnan yläpuolella. Tässä asennossa sekä asentoa ylläpitävien lihasten että nivelsi-

teiden kuormitus on pienimmillään ja nivelet ja välilevyt kestävät parhaiten kuormitusta” (Cedercreutz 2001). Pienikin poikkeama tästä asennosta vaatii selkälihasten lisääntyntä aktiiviteettia. Noin 10 asteen etukumara selän asento istuma-asennossa kaksinkertaistaa selkälihasten työn verrattuna neutraaliasentoon. Pyöristynyt lanneranka saa aikaan välilevyihin kohdistuvan paineen kasvua. (Cedercreutz 2001.)

Kaularangan asento on määritelty neutraaliksi (Harms-Ringdhal ym. 1986), kun sivulta katsottuna suora linja kulkee alimmasta kaularangan nikamasta korvan takana olevaan kartiolisäkkeeseen. Jos pää on seisoma-asennossa eteenpäin työntynyt, se saa aikaan ylänikan nikamien yliojennuksen, alaniskan nikamien painautumisista ja yläselän pyöristymistä sekä olkapäiden kohoamista ja eteenpäin työntymistä (Darnell 1983). Tällainen asento voi saada aikaan muutoksia tuki- ja liikuntaelinten rakenteissa ja toiminnoissa, joista saattaa seurata esim. niska- ja hartiakipuja ja lihaskireyttä (Braun ja Amundson 1989).

Lannerangan asento määritellään neutraaliasennoksi silloin, kun asento on lannerangan lordoosin eli notkon ja kyfoosin eli pyöristymisen keskialueella. Lannerangan lordoosin suuruus on tällöin suunnilleen vastaava kuin seisoma-asennossa (Keegan 1953). Lindqvist ym. (1962) mukaan lannerangan lordoosi vaihteli suurimmalla osalla 14-15 -vuotiaista suomalaisista tytöistä 19-21 asteen välillä ja pojilla vastaavasti 16-18 asteen välillä. Mellinin ym. (1988) mukaan suomalaisten tyttöjen (keski-ikä 14 vuotta) keskimääräinen lordoosin suuruus oli 31 astetta, pojilla (keski-ikä 13,5 vuotta) vastaavasti 31,6 astetta ja lannerangan liikkuvuus tytöillä 25,7 astetta ja pojilla 27,0 astetta. Mac-Thiong ym. (2004) ovat esittäneet selvästi suurempia kanadalaislasten lannelordoosikulmia (49,2 astetta,  $\pm 12,4$  astetta) ja sukupuolten välillä ei todettu olevan eroja kulman suuruudessa.

Roaf (1960) on esittänyt rintarangan kyfoosin olevan normaali, kun se vaihtelee 20-40 asteen välillä. Lindqvist ym. (1962) esitti, että 14-15 -vuotiailla tytöillä kyfoosin suuruus oli yleisimmin 31-33 astetta ja pojilla vastaavasti 28-30 astetta. Mellinin ym. (1988) Suomessa tehdyn tutkimuksen mukaan tyttöjen (keski-ikä 14 vuotta) rintarangan kyfoosin suuruus oli keskimäärin 32,9 astetta ja poikien (keski-ikä 13,5 vuotta) 40,3 astetta. USA:ssa kymmenen vuotta myöhemmin tehty tutkimus osoitti kouluikäisten rintarangan kyfoosin olevan 14 ikävuoden kohdalla 38 astetta (Vedantam ym. 1998) ja Mac-Thiong ym. (2004) mukaan 13,1 -vuotiailla 44,2 astetta ( $\pm 10,3$  astetta, ei sukupuolieroja kulman suuruudessa).

Rintarangan liikkuvuuden on todettu olevan pienempää tytöillä (62,0 astetta) kuin pojilla (69,2 astetta) (Mellin ym. 1988). Samansuuntaisia tuloksia liikkuvuuden suhteen tyttöjen osalta, mutta ei poikien osalta on esittänyt Roiha (2004) saksalaisnuorilla: tytöt 13 -vuotta 63,3 astetta, 14 -vuotta 62,0 astetta ja pojat 13 -vuotta

62,1 astetta, 14 -vuotta 62,6 astetta. Roiha (2004) toteaakin liikkuvuuden vähenevän ikäryhmistä toiseen siirryttäessä tasaisesti ja poikien olevan selän osalta usein liikkuvampia kuin tytöt. Rintarangan kyfoosi ja lannerangan lordoosi vaihtelevat ikäluokittain ja sukupuolittain, eikä sen määrä kasva lineaarisesti iän lisääntyessä (taulukko 2).

Taulukko 2. Tutkimukset rintarangan kyfoosin ja lannerangan lordoosin suuruudesta (astetta) sukupuoli- ja ikäryhmittäin

	Tytöt				Pojat			
	12 -v.	13 -v.	14 -v.	15 -v.	12 -v.	13 -v.	14 -v.	15 -v.
<b>Willner ja Johnsson (1983, Ruotsi)</b>								
- rintarangan kyfoosi	27,5 (n=64)	32,3 (n=59)	35,4 (n=45)	34,9 (n=70)	29,4 (n=63)	31,9 (n=64)	37,1 (n=63)	35,6 (n=66)
- lannerangan lordoosi	34,8 (n=64)	37,7 (n=59)	35,5 (n=45)	36,9 (n=70)	32,0 (n=63)	34,3 (n=64)	35,3 (n=63)	33,8 (n=66)
<b>Nissinen (1996, Suomi)</b>								
- rintarangan kyfoosi	27,5 (n=476)	29,5 (n=428)	29,0 (n=393)	-	28,0 (n=498)	30,9 (n=473)	30,0 (n=454)	-
- lannerangan lordoosi	35,5 (n=476)	37,0 (n=428)	33,4 (n=393)	-	34,2 (n=498)	35,8 (n=473)	33,0 (n=454)	-
<b>Roiha (2004, Saksa)</b>								
- rintarangan kyfoosi	36,6 (n=75)	38,6 (n=74)	39,0 (n=94)	37,0 (n=95)	35,8 (n=67)	35,7 (n=76)	34,8 (n=81)	35,3 (n=88)
- lannerangan lordoosi	30,5 (n=75)	33,0 (n=74)	30,0 (n=94)	27,0 (n=95)	27,5 (n=67)	29,0 (n=76)	25,0 (n=81)	24,5 (n=88)

Kouluikäisillä lannerangan lordoosin suuruuteen on todettu vaikuttavan pitkien selkälihasten ja reiden takaosien lihasten pituus; mitä lyhyempi selkälihasten ja reiden takaosan lihasten pituus on sitä suurempi lordoosi. Kuitenkaan näillä edellä mainituilla tekijöillä ei ole todettu olevan yhteyttä rintarangan kyfoosin suuruuteen. (Toppenberg ja Bullock 1986.)

Kouluikäisten selän ryhdin (seistessä) yhteydestä koulutyöpisteiden säädettävyyteen ja sopivuuteen löytyy vain yksi interventiotutkimus (Koskelo 2006). Koskelon (2006) mukaan uudenmallisia työpisteitä käyttävien, pituuskasvuvaiheessa olevien koululaisten rintarangan kyfoosi oikeni kahden vuoden työpisteinterventi-  
on aikana enemmän verrattuna tavanomaisia, käytössä olevia työpisteitä käyttäviin kontrolliryhmäläisiin. Vastaavasti lannerangan lordoosikulman määrässä ei ollut ryhmien välillä eroa.



## Koulutyöpisteiden ominaisuudet koululaisten arvioimana

Koululaiset pitävät usein uudenmallisia koulutyöpisteitä parempana ja mukavampana kuin tavanomaisia, vanhoja työpisteitään. Tutkimusten mukaan he kokivat uusien työpisteiden olevan korkeudeltaan parempia ja mahdollistavan paremman kirjoitus- ja lukemisasennon työpöydän ollessa etuosastaan kallistettu. (Linton ym. 1994; Aagaard-Hansen ja Storr-Paulsen 1995; Troussier ym. 1999; Koskelo 2006). Vaikka uudet työpisteet tuntuivat koululaisista mukavammilta, eivät he kuitenkaan aina istuneet selkään neutraalissa, suorassa asennossa oppituntien aikana (Linton ym. 1994).

## Yhteenveto koulutyöpisteisiin liittyvistä tutkimuksista

Koulutyöpisteisiin liittyviä interventioita on vähän ja tutkimusten vertailtavuus on vaikeaa johtuen erimallisten koulutyöpisteiden ja erilaisten tulosmuuttujien käytöstä, mittareiden erilaisuudesta ja interventioiden vaihtelevasta pituudesta. Seuranta-ajat vaihtelevat muutamasta kuukaudesta (Aagaard-Hansen ja Storr-Paulsen 1995) viiteen vuoteen (Troussier ym. 1999), ja tutkimusasetelmat vaihtelevat prospektiivisistä seurantatutkimuksista retrospektiivisiin tutkimuksiin. Tutkimuksissa tuodaan esiin koulujen vastuu kouluikäisten TULE -oireiden ennaltaehkäisyssä (Balaque ym. 1996; Cardon ym. 2002). Koska asentotottumukset muokkautuvat jo varhaisessa kasvun vaiheessa, olisi perusteltua aloittaa ennaltaehkäisevät toimet koko kouluyhteisön toimesta jo lapsuudessa, ennen ensimmäisiä työelämäkokeiluja (Sheldon 1994). Kuitenkin esimerkiksi selkäkoulujen vaikutuksista nuorten TULE -oireisiin tiedetään hyvin vähän (Balague ym. 1996; Cardon ym. 2002) ja kontrolloituja interventiotutkimuksia työpisteiden vaikutuksista kouluikäisten istuma-asentoihin, TULE -oireisiin ja ryhtiin on niukasti (Linton ym. 1994; Aagaard-Hansenin ja Storr-Paulsenin 1995; Marchall ym. 1995; Knight ja Noyes 1999; Troussierin ym. 1999; Cardon ym. 2004; Wingrat ja Exner 2005; Koskelo 2006). (taulukko 3) Tässä tutkimuksessa mukana olevien ikäluokkien koulutyöhön ja TULE -terveyteen liittyvä tutkimustieto on hyvin vähäistä kansainvälisesti ja Suomessa tehtyjä tutkimuksia ei ole lainkaan. Tietoisuus positiivisista työpisteiden vaikutuksista tuki- ja liikuntaelinten terveyteen nuorilla (lukioikäiset, 16 -v.) (Koskelo 2006) ja aikuisilla (Ketola 2003), ja tutkimusten puutteesta uudenmallisten, helposti säädettävien koulutyöpisteiden vaikutuksista kouluikäisten TULE -terveyteen, selkiytti tämän tutkimuksen tavoitteita ja kohderyhmän valintaa tutkimuksen suunnitteluvaiheessa.

Taulukko 3. Koulutyöpiisteitä vertailevat tutkimukset kouluikäisillä

Kirjoittaja	Koasetelma ja -henkilöt	Lomakekysely TULE -kivuista	Koulutyöpiisteiden sopivuus	Selkä	Niska	Vartalo- reisikulma	Istuma-asento	Istuma-asento käyttäytyminen	Mielipide työpisteestä	Ryhti
Linton ym. 1994	6 kk interventio Ikäryhmä ka. 9-9	- koeryhmässä selkäkipu↓	-	-	-	-	-	ei eroa ryhmien välillä	koeryhmässä mukavuus↑	-
Ruotsi	Koeryhmä n=46 Kontrolliryhmä n= 21	- niskakivussa ei eroa	-	-	-	-	-	-	-	-
Aagaard-Hansen ja Storr-Paulsen 1995	1 kk interventio Ikäryhmä 7-11 3 eri työpistemallia (n=51, n=49, n=44)	selkävivussa ei eroa	-	-	-	-	-	-	etus. kallistettu työtuoli ja -pöytä + korkea työpöytä parempi	-
Tanska										
Marshall ym. 1995	10 min vanhalla + 10 min uudella Ikäryhmä ka. 4.7 N=10	-	-	-	ei eroa	polvituolilla ↑	-	-	polvituoli/ kallistettu työpöytä parempi	-
Australia										
Knight ja Noyes 1999	2 vko vanhalla + 2 vko uudella Ikäryhmä 9-10 N= 21	- uudenmallisella työpisteellä ei-standardeissa istuma-asennoissa istuttaessa selkäkipuja ↑	-	-	-	-	uudella työpisteellä standardeja istuma- asentoja ↑	uusi työtuoli liian matala ja työpöytä liian korkea	-	-
Englanti										
Troussier ym. 1999	4-5 -v. retrospektiivinen tutkimus Ikäryhmä 8-11 Koeryhmä n=138 Kontrolliryhmä n=125	ei eroa	koeryhmässä työtuolit korkeampia	-	-	-	-	-	korkeampi työtuoli- ja pöytä parempi	-
Ranska										

Kirjoittaja	Koeyhteelmä ja -henkilöt	Lomakekysely TULE -kiviusta	Koulutyöpaisteiden sopivuus	Selkä	Niska	Vartalo-reisikulma	Istuma-asento	Istuma-asento käyttäytyminen	Mielipide työpisteestä	Ryhti
<b>Cardon ym. 2004</b> <b>Belgia</b>	1,5 v. interventio "Moving school" Ikäryhmä 8 Koeryhmä n= 22 Kontrolliryhmä n= 25	ei eroa	-koeryhmässä työtuolit liian matalia tai korkeita -työpöydät liian korkeita	interventio-ryhmässä vartalon kumara asento ↓	ei eroa	-	-	-	-	-
<b>Wingrat ja Exner 2005</b> <b>USA</b>	10 vko interventio Ikäryhmä 8-9 N= 63 2 eri työpistemallia	-	-tavanomaiset työpaisteet liian korkeita -uusi työtuoli ja -pöytämalli matalampia	-	-	-	uudella, matalammalla työpisteellä ↑	-	-	-
<b>Koskelo 2006</b> <b>Suomi</b>	2 v. interventio Ikäryhmä 16 Koeryhmä n=15 Kontrolliryhmä n=15	- koeryhmässä niska-hartiakipu ↓ - lanneselkävaurio ei eroa	-	-	ei eroa	koeryhmässä satulatuolilla ↑	-	- koeryhmässä työtuoli parempi - työpöydissä ei eroa	koeryhmässä kyfoosi ja lordoosi ↓	

## TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Yleisenä tavoitteena oli selvittää käytössä olevien koulutyöpisteiden sopivuutta koululaisten kehon mittoihin ja tutkia millaisia vaikutuksia uudenmallisella koulutyöpisteellä (korkeussäädettävä pyörällinen satulatuoli ja etuosasta kaareva koulutyöpöytä) on koululaisten tuki- ja liikuntaelinten terveyteen verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin työpisteisiin.

Yksityiskohtaisina tavoitteina olivat

1. arvioida uudenmallisen koulutyöpisteen sopivuutta ja säädettävyyttä koululaisten kehon mittoihin verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin.
2. tutkia uudenmallisen koulutyöpisteen vaikutuksia koululaisten työskentelyasentoihin oppituntien aikana verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin.
3. tutkia uudenmallisen koulutyöpisteen vaikutuksia koululaisten tuki- ja liikuntaelinoireisiin verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin.
4. tutkia uudenmallisen koulutyöpisteen vaikutuksia koululaisten selän ryhtiin ja liikkuvuuteen verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin.
5. selvittää koululaisten mielipiteitä koulutyöpisteistä ja tekijöistä, joita he pitävät hyvinä/huonoina käyttäessään uudenmallisia koulutyöpisteitä verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin.

# TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

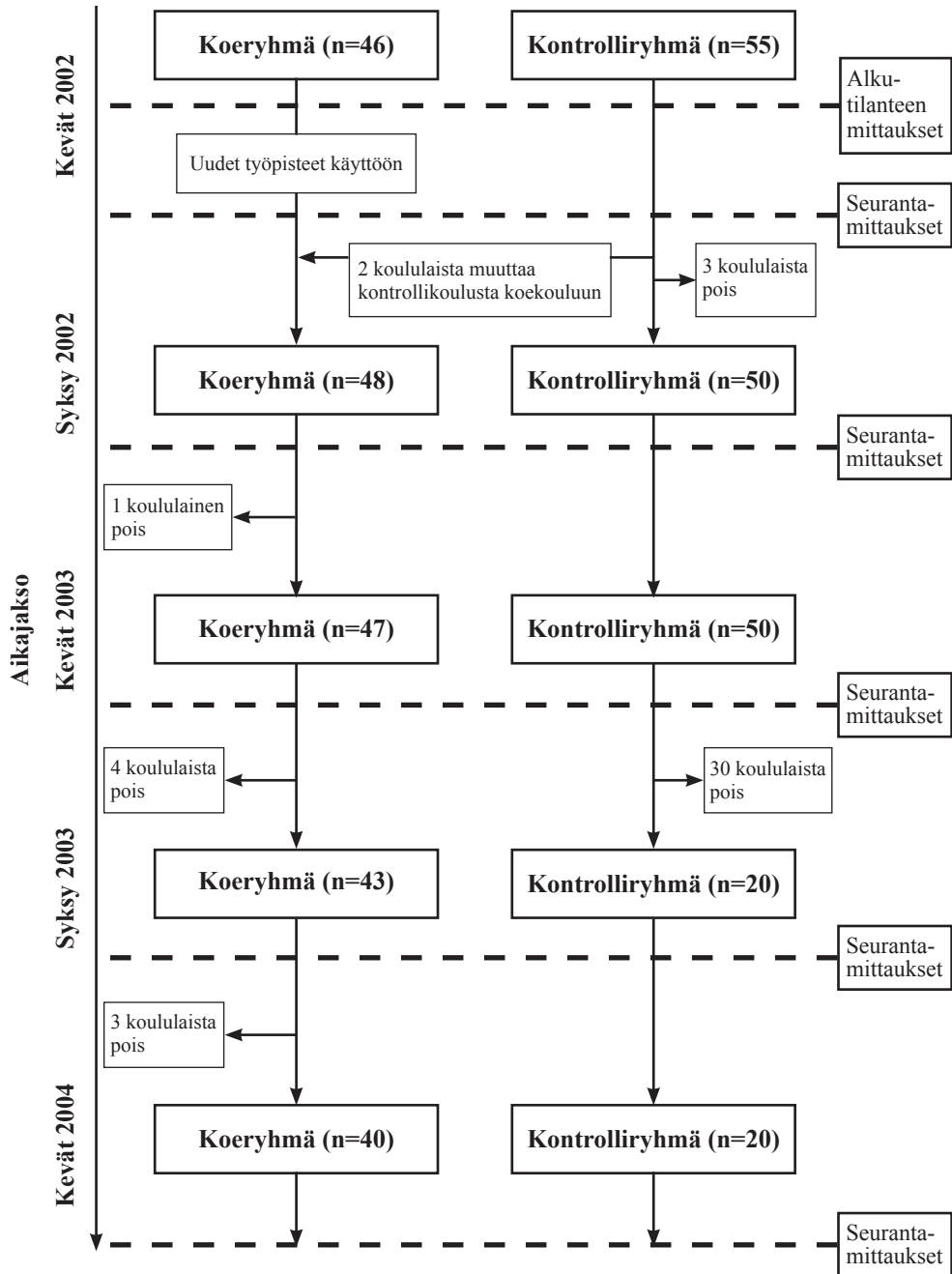
## Koeasetelma, koehenkilöt ja mittausten ajallinen kulku

Tutkimus oli kontrolloitu interventio, jossa seurattiin 2 vuoden ajan kahden koulun vuosiluokkaryhmiä. Koehenkilöt olivat tutkimuksen alkaessa 6. - (keski-ikä 12 vuotta) ja 8. -luokkalaisia (keski-ikä 14 vuotta) ja päättyessä 8. ja lukion ensimmäistä luokkaa käyviä koululaisia. Tähän tutkimukseen osallistuvat koulut valittiin tutkimukseen kaupunkien kulttuurisen ja kielellisen vertailtavuuden vuoksi ja myös siksi, että kouluissa oli jokaisella luokkaryhmällä käytössä niin sanottu ”koti-luokka”. Kotiluokka mahdollisti uusien työpisteiden sijoittamisen koeryhmäläisten käyttöön mahdollisimman kattavasti koulupäivien aikana.

Tutkimuksen alkaessa tutkimusryhmään kuului yhteensä 101 koululaista (57 tyttöä ja 44 poikaa) Tampereen (Tammerfors Svenska Samskolan, n= 46, 6 lk. 25 opp., 8 lk. 21 opp.) ja Porin ruotsinkielisistä kouluista (Björneborgs Svenska Samskolan, n=55, 6 lk. 23 opp., 8 lk. 32 opp.) (kuva 3). Tampereen koulu toimi koekouluna ja Porin koulu kontrollikouluna. Tampereen koekouluun vaihdettiin uudenmalliset koulutyöpisteet huhtikuussa 2002 tavanomaisten, käytössä olleiden koulutyöpisteiden tilalle ja Porin kontrollikoululaisilla oli käytössä tavanomaiset, jo ennen tutkimuksen alkua käytössä olevat koulutyöpisteet koko tutkimuksen ajan.

Kaksi Porin kontrollikoulun oppilasta vaihtoi ensimmäisen tutkimuskevään (2002) jälkeen syksyllä, ennen koulun alkua Tampereen koekouluun opiskelemaan. Nämä kaksi oppilasta on yhdistetty kaikissa analyyseissä kuuluvaksi tutkimuksen alusta alkaen Tampereen koekoulun oppilaiksi, koska heidän altistumisensa uudenmallisille koulutyöpisteille jäi vain 2 kuukautta vähäisemmäksi kuin koekoululaisilla, joten sen ei katsottu vaikuttavan tutkittuihin vasteisiin. Lisäksi 3 oppilasta Porin kontrollikoulusta siirtyi toiseen kouluun opiskelemaan syyslukukauden 2002 alkaessa ja Tampereen koekoulusta yksi oppilas joululoman (2002) aikana. Ennen toisen tutkimusseurantavuoden alkua Porin kontrollikoulusta yksi alemman vuosiluokkaryhmän oppilas siirtyi opiskelemaan muualle ja koko ylempi vuosiluokkaryhmä (n=29) kieltäytyi jatkamasta tutkimuksessa mukana, koska he olivat osallisena muissa samaan aikaan käynnissä olevissa kehittämishankkeissa. Tampereen koekoulusta siirtyi syksyn 2003 aikana 4 oppilasta ja kevätlukukauden 2004 alkaessa 3 oppilasta muualle opiskelemaan.

Tutkimuksessa toteutettiin alkutilanteen mittaukset (lomakekyselyt, istuma-asennon videointi, antropometriset mittaukset, työpisteen mittaukset ja ryhtimitaukset) molemmissa kouluissa ennen uudenmallisten työpisteiden sijoittamista koekoulun luokkiin huhtikuussa 2002. Samat mittaukset suoritettiin molemmissa kouluissa kahden vuoden seurannan aikana. Laaja lomakekysely (liite 1) koskien yleisiä terveyteen ja terveystottumuksiin liittyviä kysymyksiä toteutettiin 3/2002, 3/2003 ja 3/2004 ja lyhyt lomakekysely (liite 2) tuki- ja liikuntaelinten kuormituneisuuden ja kipujen tasosta eri kehon osissa 3/2002, 5/2002, 9/2002, 12/2002, 3/2003, 5/2003, 12/2003 ja 3/2004. Istuma-asentoja videoitiin luokkatiloissa opituntien aikana 2/2002 ja 2/2003, ja koululaisten antropometrisia ja työpisteen mittoja mitattiin 2/2002, 8/2002, 12/2002, 3/2003 ja 3/2004. Koululaisten ryhtimitaukset toistettiin 3/2002, 12/2002, 3/2003 ja 3/2004 ja mielipiteitä koulutyöpisteistä kysyttiin 3/2002, 5/2002, 3/2003, 12/2003, 3/2004 (liite 3).



Kuva 3. Tutkimuksen kulku seurannan aikana.



A) Esimerkki koekoulussa tavanomaisesta, käytössä olleesta työpöydästä ja -tuolista



B) Koekoulun uudenmalliset työpisteet; etuosastaan kaareva työpöytä ja satulatuoli



C) Esimerkki kontrollikoulussa tavanomaisesta, käytössä olleesta työpöydästä ja -tuolista

Kuva 4. Kouluissa käytössä olleet työpisteet intervention aikana.



## Työpisteet

Tässä tutkimuksessa tavanomaisella, käytössä olevalla työtuolilla tarkoitettiin tuolia, jonka mitat (istumakorkeus, selkänojan korkeus) perustuivat olemassa oleviin standardeihin, osassa tuoleista istuinkorkeus oli säädettävä ja istuma-asento muodostui noin 90 asteen vartalo-reisikulmasta. Istuma-asennossa vartalo-reisikulman ollessa noin 90 astetta lonkkanivelen koukistamisen osuus on noin 60 astetta ja loppuosa muodostuu lantion taaksepäin kallistumisesta. Koska korkeampaa työtuolia käytettäessä ei voida käyttää polvitaivemittaa ohjaavana mittana korkeussäädölle, on Keeganin (1953) ja Bendix ym. (1985) aikuisten tutkimuksiin pohjautuvia suosituksia vartalo-reisikulmamitasta käytetty säädettäessä tämän tutkimuksen koululaisten työtuolien korkeutta. Työterveyslaitoksen ohjeita sekä tutkimuksista saatuja suosituksia työpisteiden säädettävyydestä kehon mittoihin on käytetty tässä tutkimuksessa ohjaavina mittoina mitattaessa ja säädettäessä koekoululaisten työpisteitä (Keegan 1953; Bendix ym. 1985; Työterveyslaitos 1986). SFS:n standardeja (Suomen Standardisoimisliitto 2001) ei voitu käyttää säädettäessä uudenmallisia koulutyöpisteitä, koska standardit eivät anna ohjeistusta vartalo-reisikulmamittoihin eikä myöskään kyynär-lattiamittoihin, joiden perusteella koulutyöpisteet säädetään oikeaan korkeuteen suhteessa koululaisten kehon mittoihin.

Koekoulussa käytössä oleva työpöytä oli tasapintainen, ilman kaltevuussäätöä. Kontrollikoulun työpöydät olivat kaltevuussäädettäviä (tasainen tai kalteva). Kaikkien pöytien sivut olivat suorina, osa työpöydistä oli korkeussäätöisiä. Koekoulun uudenmallisen työtuolin muoto mukaili hevossatulaa. Työtuolin portaittaisella korkeussäädöllä (4 cm säätövälit) voitiin vartalo-reisikulmaa säätää suositusten mukaiseksi, noin 120-135 asteeseen. Työtuolissa oli myös pyörät, jotka mahdollistivat liikkumisen työtuolin ja -pöydän välillä oppituntien aikana. Uudenmallinen työpöytä oli kalteva ja etureunassa oli kaareva kolo, jolloin vartalo oli kaarevan kolon sisällä työskentelyn aikana ja samalla kaaren sivureunoista tuli tukea kyynärvarsille. Työpöydässä oli myös portaittainen (4 cm säätövälit) korkeussäätö (kuva 4).

Koekoulun koululaisille annettiin opastus uusilla työtuoleilla istumiseen niiden vaihtamisen yhteydessä. Uudet työtuolit vaativat tuki- ja liikuntaelinten erilaista käyttöä johtuen melko suuresta istuma-asennon muuttumisesta. Kuitenkaan tutkimuksen kuluessa ei koekoulussa pidetty luentoja tai annettu yksilöllisiä ohjeita istuma-asennon ylläpitämiseen liittyen.

## Mittausmenetelmät

### Kehon fyysiset mitat ja koulutyöpisteen mitat

Koululaisten kyynärmita, polvitaivemitta ja työpisteiden mittaukset tehtiin oppilaiden omassa luokkatilassa, koulutuntien aikana, oppilaiden istuessa omissa koulutyöpisteissään. Mittaukset luokissa suoritettiin kahden tutkijan toimesta, yksi mittasi ja toinen kirjasi oppilaan mitat lomakkeeseen. Mittavälineenä olivat 1,5 m pitkä puinen mittalauta, joka soveltui korkeusmittauksiin sen taipumattomuuden vuoksi, muovinen 30 cm pitkä viivoitin matalampien ja pienempien kohteiden mittaamiseen ja metallinen rullamitta, joka säilyttää suoruutensa suurempiakin etäisyyksiä mitattaessa. Kehon pituutta mitattaessa, standardoituna alkuasentona käytettiin seisoma-asentoa, jolloin pää oli keskilinjassa, katse suoraan eteenpäin, ns. Frankfurтин tasossa (Lohman ym. 1988).

Polvitaiveen korkeus mitattiin oppilaan istuessa työtuolilla, kengät jalassa. Oppilasta pyydettiin istumaan tuolin perälle, ojentamaan selkensä, sääriluun ollessa kohtisuorassa lattiaan nähden. Tutkija laittoi puumitan oppilaan vasemman polven viereen pystyyn lattialle ja toisella kädellään viivoittimen poikittain, koululaisen polvitaiveen alle, jolloin viivoittimen ulompi reuna osoitti puumitan asteikolla polvitaiveen (popliteal height) korkeuden.

Istuma-asennossa mitattiin myös kyynärpään korkeus istuinpinnasta: koululaista pyydettiin koukistamaan kyynärpänsä vartalon vierelle ja annettiin ohje: ”Istu rennosti selkä suorana ja rentouta hartiasi”. Tutkija mittasi olkavarren suuntaisesti, suoraan alaspäin, etäisyyden oppilaan kyynärpään alaosaan (olecranon) tuolin istuinosaan (elbow height, seated).

Istumapituus (= pituus tuolilla istuen (miinus) tuolin korkeus) mitattiin seinään kiinnitetyllä mitalla ja selkänojattomalla, istumapinnaltaan tasaisella tuolilla. Koululainen istui tuolin perälle, selkä keskelle mittaa. Koululaiselle annettiin ohje: ”Istu tuolin perälle, selkä kiinni mittaan, ojenna selkä suoraksi, jalat lattialla ja katse suoraan eteenpäin silmät vaakatasossa”. Tutkija asetti metallisen suorankulmamitan oppilaan päälakea keskelle niin, että suorankulma kulki oppilaan päälakea pitkin seinämittaan.

Kehon pituuden mittaus: Koululainen seiso selkä pituusmittaa vasten, ilman kenkiä, pää keskilinjassa, katse suoraan eteenpäin. Koululaiselle annettiin ohje: ”Seiso selkä suorana, selkä seinämittassa kiinni”. Tutkija asetti metallisen suorankulmamitan oppilaan päälakea keskelle niin, että suorankulma kulki oppilaan päälakea pitkin seinämittaan ja luki pituuden mitasta.

Kehon painon mittaus: koululainen riisuutui alusvaatteisilleen, nousi vaa'alle seisomaan ja tutkija luki painon vaa'asta. Vaakana oli digitaalinen vaakaa (Korona, Ilka, malli 1011131), joka kalibroitiin perinteisellä, isolla metallisella kouluvaalla. Lisäksi käytettiin myös painomansetteja mittaustarkkuuden varmistamiseksi.

Videotallennuksista määriteltiin myös koululaisten vartalo-reisikulmamitat. Tutkija pysäytti videokuvan, kun tutkittava koululainen oli asettunut koulutyöpöisteen ääreen (oppitunnin alussa) seuraamaan opetusta. Tutkija (L.S.) asetti muovisen kulmamitan tutkittavan koululaisen vartalon ja reisiluun suuntaisesti tv-ruudulle ja luki kulmamitasta vartalo-reisikulmamitan.

Työpöydän etu- ja takareunan yläpinnan korkeus lattiasta mitattiin puumitalla pöydän vasemmasta reunasta. Työtuolin istuinpinnan takareunan korkeus mitattiin puumitalla, tuolin takareunan keskikohdalta. Uudenmallisen satulatuolin korkeutta mitattaessa tuolin takareunan mitasta vähennettiin 1 cm, johtuen satulatuolin kaarevasta muodosta.

## Videomittaukset

Sekä koe- että kontrollikoulussa suoritettiin koulutuntien aikana luokissa istuma-asentojen videoinnit tutkimuksen alkutilanteessa, jolloin videointiin valittuja tutkittavia oli 43. Tutkimuksen seurannan aikana yksi kontrollikoulun koululainen siirtyi toiseen kouluun opiskelemaan, joten seuranta-ajan istuma-asentoanalyysissä oli mukana 42 tutkittavaa. Videokuvattavat oppilaat valittiin satunnaisesti, arpomalla molemmissa kouluissa luokka-asteittain. Videokamera asetettiin luokan sivulle, mahdollisimman suoraan sivusuuntaisesti kohti tutkittavaa oppilasta. Videokameran kuvakulma kohdistettiin tutkittavaan keskimäärin päästä sääreen asti, mutta vähintäänkin päästä reiteen asti. Tutkija oli aina läsnä luokassa videoinnin ajan ja teki kirjausta tutkittavan oppilaan toiminnasta siltä osin kuin hän poistui videokameran kuvakulma-alueelta.

Jokaisesta videoinnista tallennettiin lomakkeelle koulu ja luokka, tutkittavan oppilaan tunnistuskoodi, oppiaine, havainnoija, päivämäärä, oppitunnin alkamis- ja päättymisaika. Videotallennus aloitettiin, kun tutkittava asettui istumaan paikalleen ja esteetön kuvakulma oli saatu. Videotallenteet analysoitiin jälkepäin, sovellettua OWAS-työasentojen arviointimenetelmää käyttäen (Karhu ym. 1977). Työasentojen arviointi toteutettiin pysäyttämällä videofilmi 15 sekunnin välein ja tutkija tallensi visuaalisen havainnoinnin perusteella jokaisella kerralla havainnoitavan oppilaan selän, yläraajojen, alaraajojen ja niskan asennot sekä oppilaan työvaiheen havainnointihetkellä. Mikäli havainnoitava oppilas oli pysäytyksen aikana poissa

kuvakulmasta tai joku hänen edessään, jolloin visuaalinen havainnointi oli estynyt, ei tallennusta tehty näiltä pysäytyskohdilta, vaan ne ohitettiin ja seuraava tallennus tehtiin, kun havainnoitava oppilas oli näkyvissä. Työasentojen kriteerit määriteltiin seuraavasti sovelletun OWAS -työasentojen arviointimenetelmän mukaan:

*Selän asento:* 1=suora ( $\leq 20^\circ$  flexio), 2=kumara ( $> 20^\circ$  flexio), 3=kiertynyt ( $> 45^\circ$  rotaatio), 4=kumara ja kiertynyt

*Yläraajojen asento:* 1=alhaalla, 2=toinen nojaa (joko nojaa kyynärpäällä/kyynärvarrella työpöytään), 3=molemmat nojaa (joko nojaa kyynärpäällä/kyynärvarrella työpöytään)

*Alaraajojen asento/takapuolen sijainti:* 1=istuu tuolin takaosassa (takapuolen takareuna tuolin keskilinjalla tai taaempana), 2=istuu tuolin etuosassa (takapuolen takareuna tuolin keskilinjän etupuolella), 3=seisoo, 4=kävelee

*Niskan asento:* 1=suora ( $\leq 20^\circ$  flexio), 2=kumara ( $> 20^\circ$  flexio), 3=kiertynyt ( $> 45^\circ$  rotaatio).

*Työvaihe:* 0=kuuntelu, 1=lukeminen, 2=kirjoittaminen/piirtäminen, 3=työ pulpetilla, 4=muu toiminta.

Jokaisesta havainnoidun koululaisen tallennuksista tulostettiin oma kokonaisanalyysi, josta selvisi jokaisen koululaisen eri asennot ja asentojen frekvenssit kappalemäärinä sekä myös eriteltyinä kunkin työvaiheen aikana. Tilastollisissa analyyseissä käytettiin kappalemääristä laskettua eri istuma-asentojen prosentuaalista osuutta oppitunnin eri istumisasentohavaintomääristä.

## Ryhtimittaukset

Ryhtimittaukset tehtiin kouluilla, yksilöllisesti erillisessä huoneessa tutkijan (L.S.) toimesta. Ryhtimittausvälineinä käytettiin TULE -seula -mittausmenetelmää (Back Pain Monitor, BPM-Group, Helsinki). Lannerangan, rintarangan ja ristiluun asento sekä lannerangan ja ristiluun liikkuvuus mitattiin seisten. Koululainen seiso i muo visella seisomalaudalla, jalat molemmin puolin laudan keskikohdalla olevaa 2 cm paksua välikappaletta, kantapäät kiinni laudan takaosassa. Tutkija ohjeisti koulu laista seisomaan polvet suorina, paino tasaisesti molemmilla jaloilla, hartiat rentoi na ja pitämään katseensa eteenpäin vaakatasossa. Tutkija merkitsi merkkaukynällä oppilaan selän iholle mittapistee t (=rasti tai poikkiviiva) seuraaviin selkärangan nikamakohtiin: C2, Th1, alaselän ”hymykuoppien” välille (S1), ”hymykuoppavii vasta” 10 cm ylöspäin (Th12) ja lisäksi Th1:stä 10 cm alaspäin.

Mittapisteiden merkitsemisen jälkeen tutkija aktivoi elektrogoniometrin, joka oli

kalibroitu valmiiksi BPM -Groupin toimesta vertikaalitasoon. Elektrogoniometrin mittajalkojen sisäetäisyys toisistaan oli 5 cm ja ulkomittojen etäisyys 8 cm. Kaikki mittaukset tehtiin tutkijan seistessä koululaisen vasemmalla puolella ja goniometri oli tutkijan oikeassa kädessä. Mittalukema luettiin goniometriltä ja kirjattiin lomakkeeseen jokaisen mittauksen jälkeen. Mittauksina olivat 1) asento seisten: a) Th1 -kulman (rintarangan 1. nikama) mittaus: goniometrin ylämittajalan keskikohta luisessa kontaktissa Th1 -merkkikohdassa ja alamittajalka luisessa kontaktissa selkärankaa pitkin. b) Th12 -kulman (rintarangan 12. nikama) mittaus: goniometrin alamittajalan keskikohta luisessa kontaktissa Th12 -merkkikohdassa ja ylämittajalka luisessa kontaktissa selkärankaa pitkin c) ristiluun (S) kulman mittaus: goniometrin ylämittajalan yläreuna luisessa kontaktissa S1 -merkkipisteessä ja alamittajalka luisessa kontaktissa sacrumia myöten alaspäin. 2) lannerangan liikkuvuus: a) ristiluun eteentaivutus (flexio): koululainen taivutti seisoma-asennosta eteen-alas, käsien osoittaessa kohti jalkateriä ja lattiaa, polvet suorina (ojennettuina). Goniometrin ylämittajalan yläreuna oli luisessa kontaktissa ristiluun merkkipisteessä ja alamittajalka luisessa kontaktissa ristiluun keskikohta pitkin alaspäin. b) Th12 eteentaivutus (flexio): edellisen mittauksen mitta-asennossa, eteen-alas taipuneena, goniometrin alamittajalan keskikohta oli luisessa kontaktissa Th12 merkkipisteeseen ja ylämittajalka luisessa kontaktissa selkärankaa pitkin ylöspäin.

Analysoitaessa rintarangan ja lannerangan kulmia, kulmien laskemiseen käytettiin edellä mainittuja mittapisteitä. Rintarangan kulma ( $\alpha$ ) laskettiin vähentämällä T12 kulma T1 kulmasta ja lannerangan kulma ( $\beta$ ) vähentämällä T12 kulma S1 kulmasta. Näitä kulmamittoja käytettiin lineaarisen sekamallin analyysissä (Pinheiro ja Bates 2000) selvitetessä koe- ja kontrollikoulujen vuosiluokkaryhmien selän kulmien ajassa tapahtuvia tilastollisia eroja.

### Kyselylomakkeet

Tämän tutkimuksen kyselylomakkeiden kysymykset muokattiin käyttäen apuna Nuorten terveystapatutkimusta (Koivusilta 2000), Kouluterveyskyselyä (Stakes 2001), ”Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms” -kyselylomaketta (Kuorinka ym. 1987) ja Borgin RPE -asteikkoa (CR 10 -skaala, Borg 1998) sekä VAS -asteikkoa (Revill ym. 1976). Kyselylomakkeiden kysymysten vastausvaihtoehdot olivat yleisimmin strukturoituja, mutta sisälsivät myös graafisia, janamuotoisia (VAS) kysymyksiä (liite 1, 2, 3). Kyselylomakkeisiin sisältyi myös kaksi avointa kysymystä koskien työpisteiden hyviä ja huonoja ominaisuuksia (liite 1, 3). Koululaisten vastaamista ominaisuuksista ensimmäinen

otettiin huomioon ja merkittiin mielipidemuuttujaksi, jota käytettiin myös lopullisessa analyysissä arvioitaessa koululaisten antamia arvioita koulutyöpisteiden ominaisuuksista. Näiden avoimien kysymysten vastaukset tutkija jaotteli viiteen eri pääluokkaan, jotka kuvasivat koulutyöpisteiden yleisiä ominaisuuksia (säädettävyys, rakenne, mukavuus, terveysvaikutukset ja muut tekijät).

Laajalla kyselylomakkeella kartoitettiin koululaisten taustatietoja, terveyteen ja hyvinvointiin sekä terveyskäyttäytymiseen liittyviä asioita. Näin saatiin varmistettua koe- ja kontrolliryhmän vertailukelpoisuus tutkimuksen alkutilanteessa. Laajan lomakkeen koululaiset täyttivät luokkatilassa aamupäivän oppitunnin aikana. Tutkija oli paikalla koko täyttämisen ajan ja antoi tunnin alussa ohjeet lomakkeen täyttämiseen. Molemmissa kouluissa laaja kyselylomake täytettiin samana päivänä. Koululaiset, jotka olivat laajan lomakekyselyn aikaan poissa koulusta, täyttivät lomakkeen kun tulivat seuraavan kerran kouluun.

Koululaiset täyttivät lyhyen lomakkeen (liite 2) jokaisena koulupäivänä mittausviikon aikana noin klo 13 alkavalla tunnilla opettajan valvoessa täyttämistä. Aikaisempien tutkimusten mukaan (Panagiotopoulou ym. 2004) koululaisten TULE-kivut lisääntyvät koulupäivän loppupuolella, joten keskimääräiseksi kellonajaksi kipujen mittaamiseen valittiin edellä mainittu ajankohta. Lyhyet kyselylomakkeet sisälsivät kysymyksiä oppilaiden TULE -kuormittuneisuudesta (Borgin CR 10 asteikko, 0-10, ei kuormittuneisuuden tunnetta – pahin mahdollinen kuormittuneisuus tunne) ja oireista (VAS -asteikko, 0-100 mm, ei lainkaan kipua – pahin mahdollinen kipu) eri kehon osissa juuri sillä hetkellä koulupäivän aikana. Opettaja täytti samalla tunnilla myös lomakkeen, jossa kysyttiin poissaolleiden koululaisten nimet ja oliko oppilailla lomakkeiden täyttämässä ongelmia. Lyhyen kyselyn aikana poissaolleet koululaiset eivät täyttäneet lomaketta jälkeensä. Koululaisten vastattua, opettaja laittoi kyselylomakkeet kirjekuoreen ja sulki kirjekuoren koululaisten läsnä ollessa.

Molemmille kouluille jaettiin joka mittauskerralla samanlaiset kyselylomakkeet. Kyselylomakkeen kysymykset testattiin ennen varsinaista kyselyä koekoulun 7.lk oppilailla (pilotti, 22.2.2002). Varsinaisen interventiotutkimuksen jokaisen koululaisten lomakevastaukset tallennettiin SPSS-tilasto-ohjelmaan ja lomakkeissa olleet VAS -oirejanavastaukset mitattiin optisella kynäkursorilla, joka siirsi mittaustiedot suoraan Vaslines -ohjelmaan (Vaslines v2.0, Oy Wiranti Ltd 29.12.1995, Virjo ym. 1995). Jatkoanalysointia varten mitatut VAS -arvot siirrettiin sähköisesti Vaslines -ohjelmasta SPSS:ään.

## Tilastolliset analyysimenetelmät

Tutkimuksen aineistoa kuvailevat tunnuksat on esitetty keskiarvoina, keskihajontoina, vaihteluväleinä tai prosentteina. Kaksiluokkaisten muuttujien ryhmienvälisien erojen testaamiseen käytettiin Khiin neliö -testiä ( $\chi^2$ ) tai Fisherin -testiä. Ryhmien sisäistä muutosta yksittäisten muuttujien suhteen ja koe- ja kontrolliryhmien välistä lähtötilanteen ja loppumittausten välistä muuttujien eroa testattiin  $t$ -testillä. Lisäksi ryhmien välistä ajassa tapahtuvaa muutosta 1 - ja 2 -vuoden seurannan aikana analysoitiin lineaarisen sekamallin avulla (Pinheiro ja Bates 2000). Tulosuuttujia analysoitaessa malli sovitettiin jokaiselle selitettävälle muuttujalle seuraavasti: koeryhmässä  $Y_1 = U + b_1 + c_1 t + dz + \varepsilon$  ja kontrolliryhmässä  $Y_c = U + b_c + c_c t + dz + \varepsilon$ . Mallissa  $Y_1$  on selitettävän muuttujan havaittu arvo koeryhmässä ( $\cdot$ ) ja  $Y_c$  on selitettävän muuttujan havaittu arvo kontrolliryhmässä ( $\cdot$ ). Mallissa  $U$  on koehenkilön satunnainen vakio-termi,  $b_1$  ja  $b_c$  ovat koe- ja kontrolliryhmän kiinteitä vakio-termiejä,  $c_1$  ja  $c_c$  ovat ajan  $t$  regressiokertoimia koe- ja kontrolliryhmissä. Lisäksi  $d$  on kovariaatin  $z$  regressiokerroin ja  $\varepsilon$  on mallin satunnainen jäännöstermi, joka oletetaan riippumattomaksi satunnaisesta vakio-termistä  $U$ .

Nollahypoteesina tässä tutkimuksessa oli, että koeryhmän saaman intervention vaikutus ajassa olisi samanlaista kuin kontrolliryhmässä tapahtuvat muutokset ajassa eli  $H_0 : c_1 = c_c$ . Suhteellista kasvua (loppupituus vähennettynä alkupituudella ja tämä jaettuna alkupituudella) käytettiin potentiaalisena sekoittavana tekijänä lineaarisen sekamallin analyyseissä, koska aikaisemmat tutkimukset osoittivat pituuskasvulla ja TULE -kivuilla olevan yhteyttä ja tämän tutkimuksen lähtötilanneanalyysissä koko kehon pituus korreloi lannerangan liikkuvuuden kanssa. Suhteellisen pituuden vaikutus tämän tutkimuksen aineistossa testattiin lineaarisessa sekamallissa. Koska kaikki TULE -kuormittuneisuus- ja kipumuuttujien sekä ristiluun liikkuvuuden jakaumat olivat melko vinoja, suoritettiin logaritimuunnos kyseisten muuttujien alkuperäisille arvoille ennen lineaarisen sekamallin analyysejä.

Lineaarisella sekamallilla voidaan analysoida ryhmien välisiä eroja seurannan aikana. Malli huomioi myös yksilöllisen variaation eli vaihtelun yksilöiden välillä ja korrelaation eli riippuvuuden samojen yksilöiden omien mittauskertojen välillä. Tilastolliset analyysit, joilla selvitettiin tässä tutkimuksessa tulosuuttujissa tapahtuneita muutoksia koe- ja kontrolliryhmien välillä ajassa, testattiin  $t$  ja  $F$  -testeillä, jotka toteutettiin R -ohjelmistolla LME (Pinheiro ja Bates 2000). Tilastollisena merkitsevyystasona ( $p$ ) käytettiin tasoa 0,05. Lineaarisen sekamallin analyyseiden tuloksissa ajan vaikutuksen positiivinen estimaatti tulkitaan istuma-asentoanalyyseissä paremmaksi istuma-asennoksi, TULE -oireissa lisääntyviin oireisiin ja voimakkaampiin tasoihin,

selän ryhtimuutoksissa rintarangan osalta huonompaan ryhtiin ja lannerangan asennon osalta parempaan ryhtiin, lisäksi rangan liikkuvuuksien osalta lisääntyneeseen liikkuvuuteen. Vastaavasti lineaarisen sekamallin negatiivinen estimaatti tulkitaan päinvastoin kuin positiivinen estimaatti tulosmuuttujien osalta. Mallin estimaattien arvoja tulkittaessa on huomioitava niiden merkitys: mallin tunnusluvun vaikutus toteutuu, kun kaikki muut tekijät mallissa ovat muuttumattomia. Perusaineisto käsiteltiin ja analysoitiin Windowsin SPSS 11.0 ja 15.0 versioilla (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

## Tutkimuksen eettiset näkökulmat

Tutkimuksen eettisyyden varmistamiseksi tutkimuksen osa-alueiden sisällöt ja yksilöihin kohdistuvat osa-alueet käytiin läpi tutkimuksen suunnitteluvaiheessa ja tutkimuslupaa pyydettiin marraskuussa 2001 Pirkanmaan sairaanhoitopiirin eettiseltä toimikunnalta. Eettisen toimikunnan lupa (R01189) saatiin marraskuussa 2001 ja tutkimus alkoi heti tämän jälkeen, jolloin kouluille toimitettiin kirjallista informaatiota tutkimuksen sisällöstä ja sen etenemisestä. Tammi-helmikuussa 2002 kerrottiin koulujen rehtoreille ja opettajille tutkimuksen sisällöstä, käytännön aikatauluista, tietojen käsittelystä ja raportoinnista. Ennen kenttämittausten alkua annettiin kirjallista informaatiota tutkimuksen sisällöstä, kulusta, tietojen käsittelystä ja raportoinnista koululaisten vanhemmille tai huoltajille ja koululaisille itselleen. Tämän jälkeen, helmikuussa 2002, koululaiset allekirjoittivat kirjalliset suostumuksensa tutkimuksen mittauksiin ja niistä raportointiin. Koululaisten vanhemmilta tai huoltajilta pyydettiin myös kirjallinen suostumus heidän lastensa tai huollettavansa osallistumisesta tutkimukseen. Kaikki koululaiset suostuivat tutkimukseen ja heidän vanhempansa tai huoltajansa antoivat luvan heidän lastensa osallistua tutkimukseen. Näiden kirjallisten suostumusten jälkeen aloitettiin kenttätutkimus. Tutkimuksen kenttävaiheen yhtenä tavoitteena oli toteuttaa tutkimusjärjestelyt niin, että ne mahdollisimman vähän häiritsisivät normaalia koulutyöskentelyä.



## TULOKSET

### Kehon mitat

Tutkimuksen alkaessa koe- ja kontrolliryhmäläiset käyttivät tavanomaisia koulutyöopisteitään, jolloin koko tutkimusjoukosta (N=101) mitattiin antropometriset mitat. Molempien ryhmien yhteinen, keskimääräinen kehon pituus tutkimuksen alkaessa oli 164,0 cm (vaihteluväli 137,0–187,2 cm). Pojat olivat keskimäärin 5,7 cm pidempiä (167,2 cm (vaihteluväli 141,2–187,2 cm)) kuin tytöt (161,5 cm (vaihteluväli 137,0–184,8 cm)). Lisäksi ryhmien yhteinen keskimääräinen paino oli 56,2 kg (vaihteluväli 33,2–99,8 kg), pojat 59,9 kg (vaihteluväli 35,0 – 99,8 kg) ja tytöt 53,4 kg (vaihteluväli 33,2–71,8 kg) ja ryhmien istumapituus oli 85,2 cm (vaihteluväli 72,0–95,5 cm), pojat 86,5 cm (vaihteluväli 72,0–95,5 cm) ja tytöt 84,1 cm (vaihteluväli 72,8–94,2 cm). Verrattaessa koe- ja kontrolliryhmän koululaisia keskenään tutkimuksen alkaessa, ryhmät eivät eronneet kehon painon, pituuden ja istumapituuden suhteen. Kuitenkin verrattaessa koe- ja kontrolliryhmän tyttöjä ja poikia keskenään tutkimuksen alkuvaiheessa, ryhmät eivät eronneet toisistaan koko kehon pituuden ja istumapituuden suhteen, mutta kontrolliryhmän pojat olivat merkitsevästi ( $p=0,039$ ) keskimäärin painavampia (63,9 kg) kuin koeryhmän pojat (55,6 kg).

Seurannan tulokset (13 kk) osoittivat kontrolliryhmän vanhemman ikäluokan poikien olevan merkitsevästi painavampia kuin vastaava koeryhmän ikäluokka (75,1 kg vs. 65,2 kg) ( $p=0,026$ ). Pituudessa tai istumapituudessa ei havaittu tyttöjen ja poikien välillä eroa eri ikäluokissa ryhmien välillä. (taulukko 4).

Koululaisten vartalo-reisikulman suuruus istuma-asennossa oli 97,5 astetta tutkimuksen alkaessa. Vartalo-reisikulman suuruutta ei voitu mitata kahdelta koululaiselta, koska videokuvan kuvakulma ei ylettynyt näillä koululaisilla polvesta päähän asti ( $n=40$ ). Verrattaessa koeryhmän ( $n = 20$ , 96,3 astetta) ja kontrolliryhmän ( $n = 20$ , 98,8 astetta) vartalo-reisikulmia tutkimuksen alkaessa, eivät ne eronneet merkitsevästi. Kuitenkin yhden vuoden seurannan aikana kulman suuruus oli merkitsevästi suurempi (125 astetta) koeryhmäläisillä kuin kontrolliryhmäläisillä (99,8 astetta) ( $p=0,001$ ).

Taulukko 4. Tutkittujen koululaisten keskimääräiset antropometriset mitat (vaihteluväli) tutkimuksen seuranta-ajalta.

	Koekoulu			Kontrollikoulu		
	Alkutilanne	13 kk seuranta	25 kk seuranta	Alkutilanne	13 kk seuranta	25 kk seuranta
<b>Pituus (cm)</b>						
- nuorempi	158,9	165,6	170,5	156,7	162,2	165,4
vuosiluokkaryhmä	(138,5-172,0)*	(143,0-180,0)#	(152,0-188,0) <sup>□</sup>	(141,2-168,2) <sup>§</sup>	(152,5-173,0) <sup>£</sup>	(156,0-177,5) <sup>¶</sup>
- vanhempi	168,6	171,4	-	170,1	172,0	-
vuosiluokkaryhmä	(156,7-186,9) <sup>£</sup>	(157,5-190,0) <sup>£</sup>		(137,0-187,2) <sup>Ⓞ</sup>	(137,0-189,5) <sup>Ⓞ</sup>	
<b>Paino (kg)</b>						
- nuorempi	49,3	55,7	59,9	52,1	57,5	64,0
vuosiluokkaryhmä	(33,2-64,2)*	(37,6-69,4) <sup>#</sup>	(42,6-76,4) <sup>□</sup>	(35,0-69,0) <sup>§</sup>	(38,4-77,8) <sup>£</sup>	(44,0-94,4) <sup>¶</sup>
- vanhempi	60,4	61,1	-	62,0	66,2	-
vuosiluokkaryhmä	(42,0-78,0) <sup>£</sup>	(44,4-77,8) <sup>£</sup>		(44,0-99,8) <sup>Ⓞ</sup>	(45,8-102,2) <sup>†</sup>	
<b>Istumapituus (cm)</b>						
- nuorempi	81,1	84,4	87,4	81,8	83,9	86,3
vuosiluokkaryhmä	(72,8-87,6)*	(74,0-89,0) <sup>#</sup>	(79,0-93,0) <sup>□</sup>	(72,0-86,9) <sup>§</sup>	(76,5-88,5) <sup>£</sup>	(80,5-91,0) <sup>¶</sup>
- vanhempi	88,1	89,1	-	88,9	89,9	-
vuosiluokkaryhmä	(82,4-95,5) <sup>£</sup>	(81,0-94,0) <sup>£</sup>		(80,0-95,0) <sup>Ⓞ</sup>	(81,0-97,5) <sup>Ⓞ</sup>	

Koekoulu: \* n=26, # n=25, □ n=24, £ n=22; Kontrollikoulu: § n=22, £ n=21, ¶ n=20, Ⓞ n=31, Ⓞ n=29, † n=28

## Koulutyöpiteiden mitat

Ennen uusien, säädettävien koulutyöpiteiden sijoittamista koekoulun luokkiin mitattiin koe- ja kontrollikoulun työpiteet. Molemmissa kouluissa tavanomaiset, käytössä olevat koulutyöpöydät olivat tutkimuksen alkaessa koko tutkimusjoukolla keskimäärin 12,8 cm (vaihteluväli -3,0–20,0 cm) kyynärvarsi-lattiamittaa korkeammalla. Verrattuna käytössä oleviin suosituksiin (Työterveyslaitos 1986), työpöydät osoittautuivat keskimäärin 6,8 cm liian korkeiksi. Kuudesluokkalaisilla tämä ero oli keskimäärin 14,9 cm (vaihteluväli 10,5–18,5 cm) eli työpöydät olivat keskimäärin 8,9 cm liian korkeita ja vastaavasti kahdeksaluokkalaisilla ero oli keskimäärin 10,9 cm (vaihteluväli -3,0–20,0 cm) eli keskimäärin 4,9 cm liian korkeita.

Koululaisten käytössä olevat työtuolit osoittautuivat Työterveyslaitoksen (1986) suosituksiin nähden olevan keskimäärin 2,1 cm (vaihteluväli -7,5–9,0 cm) liian matalia, kuudesluokkalaisilla ero oli keskimäärin 1,1 cm (vaihteluväli -6,0–4,0 cm) ja kahdeksaluokkalaisilla 3,0 cm (vaihteluväli -7,5–9,0 cm). Standardeihin verrattaessa työtuolit olivat keskimäärin 2,5 cm liian korkeita, jolloin polvitaivemitta oli keskimäärin 2,1 cm työtuolia alempana.

Tutkimuksen seuranta-aikana koekoululaisten molempien vuosiluokkaryhmien

kyynär-lattiamitta ja työpöydän ja -tuolin korkeus olivat merkitsevästi suurempia kuin kontrollikoululaisten molemmissa vuosiluokkaryhmissä ( $p < 0,001$ ) (taulukko 5). Lisäksi koekoululaisten uudenmalliset koulutyöpisteet olivat keskimäärin sopivampia heidän kehon mittoihinsa kuin kontrollikoululaisten tavanomaiset, käytössä olevat koulutyöpisteet heidän kehon mittoihinsa. (II)

Taulukko 5. Kyynär-lattiamitta, työpöydän ja -tuolin korkeus (cm) koe- ja kontrolliryhmäläisillä seurannan aikana (keskiarvo, keskihajonta).

	Nuorempi vuosiluokkaryhmä			Vanhempi vuosiluokkaryhmä		
	Koekoulu (n=23)	Kontrolli-koulu (n=20)	p-arvo	Koekoulu (n=19)	Kontrolli-koulu (n=26)	p-arvo
<b>Kyynär-lattiamitta</b>						
Alkutilanne	57,6 (2,4)	59,7 (1,5)	0,001	62,8 (2,5)	61,9 (2,2)	NS
6 kk seuranta	85,2 (4,4)	62,1 (3,3)	0,000	93,2 (5,2)	63,3 (2,1)	0,000
10 kk seuranta	87,3 (4,0)	64,1 (3,1)	0,000	92,7 (5,0)	65,6 (2,3)	0,000
13 kk seuranta	87,1 (4,3)	63,3 (3,0)	0,000	91,6 (6,1)	64,7 (2,3)	0,000
25 kk seuranta	87,4 (4,8)	63,5 (1,3) <sup>a</sup>	0,000	-	-	-
<b>Työpöydän korkeus</b>						
Alkutilanne	73,1 (0,3)	73,9 (1,6)	0,019	70,4 (1,6)	75,1 (4,6)	0,000
6 kk seuranta	91,9 (4,0)	71,3 (2,7)	0,000	98,8 (5,5)	74,5 (3,5)	0,000
10 kk seuranta	93,3 (4,0)	72,1 (2,9)	0,000	98,6 (5,6)	74,4 (3,4)	0,000
13 kk seuranta	94,0 (4,2)	72,8 (2,8)	0,000	99,3 (4,9)	74,7 (3,1)	0,000
25 kk seuranta	94,8 (4,2)	74,5 (0,8) <sup>b</sup>	0,000	-	-	-
<b>Työtuolin korkeus</b>						
Alkutilanne	42,7 (1,7)	44,0 (0,2)	0,002	44,0 (0,0)	43,7 (1,2)	NS
6 kk seuranta	65,9 (3,6)	43,6 (2,7)	0,000	69,1 (4,9)	43,3 (1,3)	0,000
10 kk seuranta	66,5 (3,8)	43,5 (2,7)	0,000	68,8 (5,0)	43,4 (1,2)	0,000
13 kk seuranta	67,5 (3,7)	43,7 (2,6)	0,000	68,9 (5,5)	44,0 (1,3)	0,000
25 kk seuranta	68,2 (4,4)	42,9(0,4) <sup>a</sup>	0,000	-	-	-

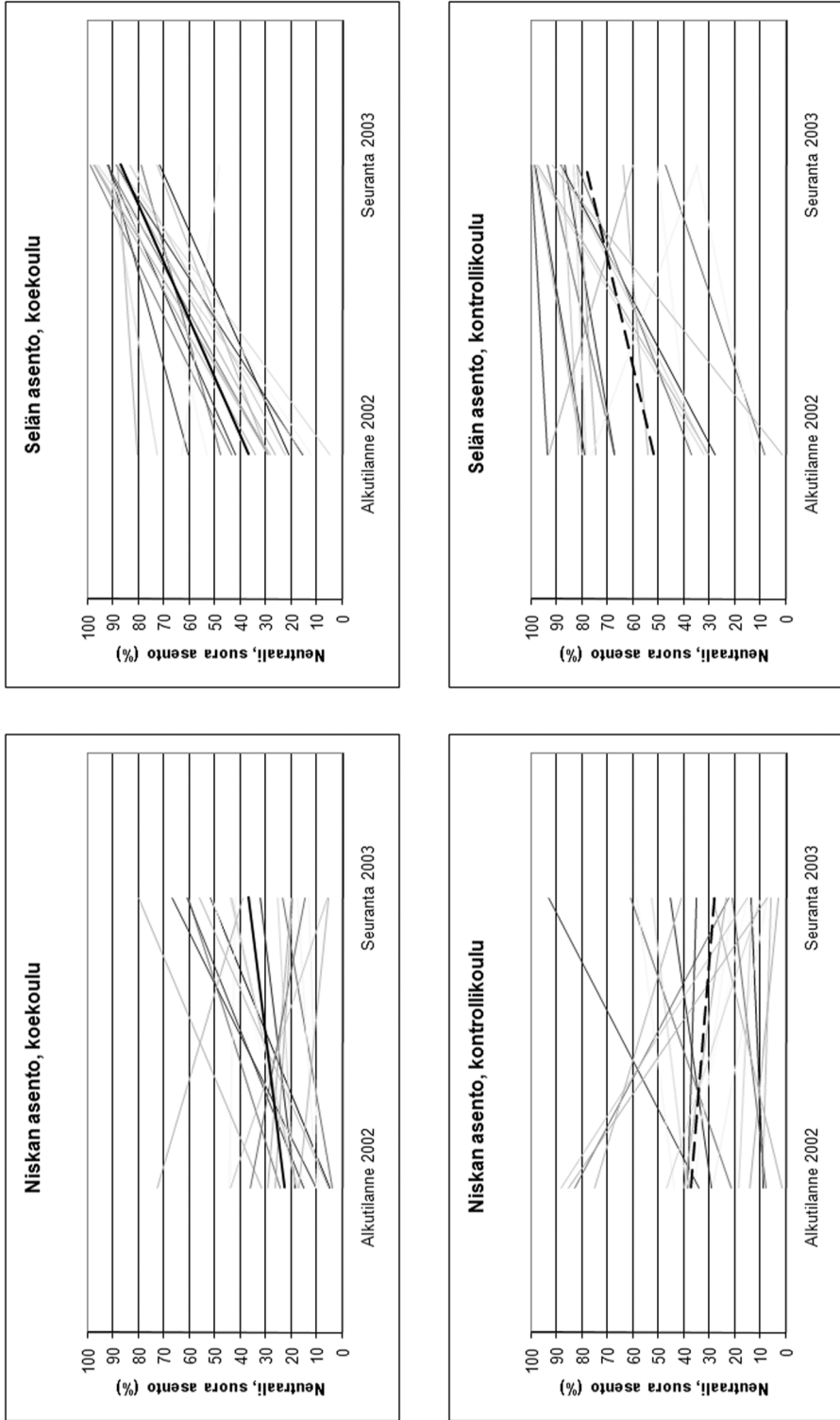
<sup>a</sup> n= 17, <sup>b</sup> n= 19, – ei mukana analyysissä, NS = ei tilastollisesti merkitsevä

## Työskentelyasennot

Huolimatta siitä, että työpöydän ja kyynär-lattiamitan ero oli suuri, koululaiset (n=43) istuivat tutkimuksen alkaessa (tavanomaisilla, käytössä olevilla työpisteillä istuessaan) yli puolet oppituntien istuma-ajasta selkä (56 %) ja niska (70 %) kumarassa ja/tai kiertyneessä asennossa. Lisäksi suurimman osan oppituntien aikaisesta istuma-ajasta (34 %) koululaiset istuivat selkä ja niska kumarassa ja/tai kiertyneenä

samalla kun he nojasivat kyynärvarsilla työpöytänsä. Tyttöillä esiintyi merkitsevästi enemmän niskan kumaria tai kiertyneitä asentoja (77 %) kuin pojilla (63 %) ( $p=0,044$ ), mutta selän osalta eroa ei ollut. Verrattaessa koe- ja kontrolliryhmän koululaisia, niskan neutraalit, suorat asennot ( $\leq 20$  asteen kumaruus ja/tai  $\leq 45$  asteen kiertyneisyys) olivat tutkimuksen alkutilanteessa yleisempiä kontrolliryhmän koululaisilla (38 %,  $n=21$ ) kuin koeryhmän koululaisilla (23 %,  $n=21$ ) ( $p=0,031$ ). Selän asennoissa ero oli samansuuntainen (52 % vs. 37 %), mutta ei merkitsevä ( $p=0,053$ ). Videoanalyysistä saatujen istuma-asentohavaintojen määrä seurannan aikana oli keskimäärin 133 asentohavaintoa koululaista kohti (vaihteluväli 59 - 193) ja molempien tutkimusryhmien havaintomäärä yhteensä 11 307 (koekoulussa 5 448 ja kontrollikoulussa 5 859).

Ensimmäisen seurantavuoden aikana niskan ja selän asentovertailuanalyysiä tehtiin lineaarisen sekamallin avulla kouluryhmien välillä, kun molemmat ikäryhmät molemmista kouluista olivat mukana tutkimuksessa. Tulokset osoittivat interventioryhmäläisten niskan ( $p=0,019$ ) ja selän ( $p=0,012$ ) neutraalien, suorien asentojen lisääntyvän seurannan aikana keskimäärin enemmän kuin kontrolliryhmän koululaisten. Huomattavaa kuitenkin oli, että uudet, säädettävät koulutyöpisteet eivät lisänneet kaikkien koekoululaisten neutraaleja, suoraa istuma-asentoja seurannan aikana, vaan joidenkin koeryhmän koululaisten istuma-asennoissa oli havaittavissa myös huononemista seurannan aikana ja samoja havaintoja asentojen huononemisesta tehtiin myös kontrollikoululaisilla (kuva 5).



Kuva 5. Tutkittujen kouluilaisten (koekoulu n=21, kontrollikoulu n=21) niskan ja selän neutraalien, suorien asentojen osuudet (%) oppituntienaikaisista istuma-asennoista seurannan aikana. Musta vahvempi viiva/katkoviiva kuvissa osoittaa ryhmäkeskiarvoa.

## Tuki- ja liikuntaelinoireet

Koululaisten tuki- ja liikuntaelinten kuormittuneisuuden ja kiputuntemusten esiintyvyys (kyllä = Borg 0,1-10, VAS  $\geq 0,6$  mm/ei = Borg = 0, VAS  $\leq 0,5$  mm) (VAS-raja-arvot: Hunfeld ym. 1997, Hunfeld ym. 2001) tutkimuksen alkutilanteessa ei eronnut koe- ja kontrolliryhmien välillä muuten kuin ylä- ja alaraajojen kuormittuneisuuden osalta ( $p=0,002$  ja  $p=0,009$ ). Kontrolliryhmässä oli lisäksi enemmän koululaisia, joilla ei esiintynyt lainkaan TULE -kuormittuneisuutta verrattuna koeryhmän koululaisiin. Seurannan aikana (14 kk) kontrolliryhmässä oli merkittävästi enemmän koululaisia, joilla ei esiintynyt TULE -kuormittuneisuutta lainkaan missään kehon osassa, lisäksi myös kiputuntemuksia esiintyi vähemmän kuin koeryhmäläisillä (niska:  $p=0,009$ , yläraajat:  $p=0,005$ , alaraajat:  $p=0,001$ , yläselkä:  $p=0,002$ , alaselkä:  $p=0,001$ ). Tutkimusryhmien välillä ei kuitenkaan ollut eroa viimeisen 6 kuukauden aikana kokemissaan TULE -kivuissa.

TULE -kuormittuneisuuden ja kipujen voimakkuustasot (Borg, 0-10 ja VAS, 0-100 mm) olivat hyvin alhaisia koko seurannan ajan molemmissa ryhmissä, mutta huomionarvoista oli tasojen suuri yksilöidenvälinen vaihtelu (III). Tutkimuksen alkutilanteessa koeryhmän koululaisilla oli kehonosien kuormittuneisuuden ja kipujen tasot (kyselyhetken tuntemukset) korkeammat kuin kontrolliryhmäläisillä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Kuitenkin viimeisen puolen vuoden aikaiset niska-hartia-alueen kiputasot olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeammat koe- kuin kontrolliryhmäläisillä ( $p=0,01$ ) (taulukko 6).

TULE -kuormittuneisuuden ja -kipujen voimakkuustasojen muutoksia ryhmien sisällä analysoitiin myös seuranta-aikana. Koeryhmän koululaisilla kuormittuneisuuden ja kipujen voimakkuustasot eivät muuttuneet 14 kuukauden seurannan aikana, lukuun ottamatta yläraajojen kuormittuneisuuden- ja kiputuntemusten tasoja, jotka laskivat. Kontrolliryhmän koululaisilla suurin osa kehon eri osien kuormittuneisuuden ja kipujen tasot laskivat merkittävästi seurannan aikana. (taulukko 7)

Koe- ja kontrolliryhmien välisiä eroja mitattavien tulostuuttajien suhteen analysoitiin lineaarisen sekamallin avulla seurannan aikana. Tulokset osoittivat kontrolliryhmän koululaisilla olevan merkittävästi alhaisemmat kuormittuneisuuden- ja kiputuntemusten tasot 14 kuukauden seurannan aikana kuin koeryhmän koululaisilla, muiden kehon osien paitsi yläraajojen osalta. TULE -oireet, koskien tuntemuksia viimeisen puolen vuoden aikana, eivät eronneet ryhmien välillä 14 kuukauden seurannan aikana. Lisäksi tulokset osoittivat, että suhteellisella pituudella, jota analyysissä käytettiin sekoittavana tekijänä, ei ollut vaikutusta TULE -oireitasoihin. (taulukko 7)

Kahden vuoden (26 kk) TULE -oiretasojen muutoksia analysoitiin koe- ja kontrolliryhmien nuorempien vuosiluokkaryhmien välillä, koska kontrolliryhmän vanhempi vuosiluokkaryhmä ei jatkanut tutkimuksessa toista seurantavuotta. Kontrolliryhmän koululaisten alaselän kuormittuneisuuden ja kivun keskimääräiset tasot olivat koko seurannan aikana alhaisempia kuin koeryhmän koululaisilla. Kuitenkin verrattaessa puolen vuoden aikaisia TULE -kiputasoja, kontrolliryhmän koululaiset ilmoittivat yläselän, alaselän ja yläraajojen osalta merkitsevästi alhaisempia tasoja seurannan aikana kuin koeryhmän koululaiset. Kontrolliryhmän koululaisten keskimääräiset tasot pysyivät koko seurannan ajan keskimäärin muuttumattomina. Tulokset osoittivat myös viimeisen puolen vuoden aikaisten alaraajojen kipujen olevan samantasoiset molemmissa ryhmissä. Suhteellisella kasvulla ei ollut puolen vuoden aikaisiin kiputasoihin vaikutusta seurannan aikana. (taulukko 8)

Näiden tulosten lisäksi tehtiin 26 kuukauden ajalta lisäanalyysi, jossa olivat mukana molemmat ikäryhmät. Tällöin lineaarinen sekamalli laski (estimo) kontrollikoulun vanhemmalle ikäryhmälle ensimmäisen seurantavuoden perusteella puuttuvat mittausarvot toisen seurantavuoden ajalle. Tällä analyysillä selvitettiin koe- ja kontrolliryhmän välisiä eroja puolen vuoden aikaisissa TULE -kivuissa seurannan aikana. Tulosten perusteella koe- ja kontrolliryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja minkään kehon osan kohdalla seurannan aikana.

Taulukko 6. Viimeisen 6 kuukauden aikana koettujen TULE –kipujen voimakkuudet (VAS, 0-100 mm) (keskiarvo, keskihajonta) eri kehonosissa koe- ja kontrolliryhmissä seurannan aikana.

<b>Viimeisen 6 kuukauden aikana koetun kivun voimakkuus</b>	<b>Alkutilanne*</b>	<b>12 kuukauden seuranta*</b>	<b>21 kuukauden seuranta#</b>
<b>Niska/hartia</b>			
Koeryhmä	44,5 (26,5)	33,4 (25,2)	42,0 (23,7)
Kontrolliryhmä	30,2 (27,1)	22,3 (20,7)	23,1 (27,0)
<b>Yläselkä</b>			
Koeryhmä	27,4 (28,6)	24,3 (23,0)	41,6 (26,8)
Kontrolliryhmä	22,9 (26,9)	16,4 (19,7)	13,1 (16,7)
<b>Alaselkä</b>			
Koeryhmä	32,5 (28,8)	26,4 (25,9)	38,3 (24,0)
Kontrolliryhmä	26,1 (29,7)	19,7 (22,2)	21,7 (24,2)
<b>Yläraajat</b>			
Koeryhmä	18,1 (20,2)	14,0 (13,1)	24,3 (20,3)
Kontrolliryhmä	16,5 (22,7)	13,5 (16,3)	12,3 (18,1)
<b>Alaraajat</b>			
Koeryhmä	21,3 (20,8)	18,5 (18,0)	26,6 (18,9)
Kontrolliryhmä	19,3 (25,2)	17,5 (23,0)	13,2 (17,5)

\* koeryhmä n=42, kontrolliryhmä n=46

# arvot vain nuoremmalle vuosiluokkaryhmälle, koeryhmä n= 22, kontrolliryhmä n=19

Taulukko 7. Tutkittujen koululaisten TULE -kuormittuneisuus ja -kipuoireiden muutokset koe- ja kontrolliryhmien välillä 14 -kuukauden seurannan aikana lineaarisen sekamallin avulla analysoituna.

	Ajan vaikutus koeryhmään (n=42)		Ajan vaikutus kontrolliryhmään (n=46)		Ajan vaikutuksen testaus ryhmien välillä
	Estimaatti	t-testi P-arvo	Estimaatti	t-testi P-arvo	F-testi P-arvo
<b>Niska-hartia</b>					
Kuormittuneisuus	0,01	NS	-0,04	0,004	0,008
Kipu (tällä hetkellä)	-0,03	NS	-0,14	0,000	0,004
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	-0,35	NS	-0,28	NS	NS
<b>Yläselkä</b>					
Kuormittuneisuus	0,00	NS	-0,05	0,001	0,010
Kipu (tällä hetkellä)	-0,01	NS	-0,16	0,000	0,001
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	0,16	NS	-0,15	NS	NS
<b>Alaselkä</b>					
Kuormittuneisuus	-0,01	NS	-0,06	0,000	0,005
Kipu (tällä hetkellä)	0,01	NS	-0,17	0,000	<0,0001
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	-0,23	NS	-0,17	NS	NS
<b>Yläraajat</b>					
Kuormittuneisuus	-0,03	0,005	-0,05	0,000	NS
Kipu (tällä hetkellä)	-0,09	0,001	-0,14	0,000	NS
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	-0,00	NS	-0,05	NS	NS
<b>Alaraajat</b>					
Kuormittuneisuus	-0,02	NS	-0,06	0,000	0,016
Kipu (tällä hetkellä)	-0,02	NS	-0,18	0,000	0,000
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	-0,06	NS	-0,09	NS	NS

NS = ei tilastollisesti merkitsevä



Taulukko 8. Tutkittujen koululaisten TULE -kuormittuneisuus ja -kipuoireiden muutokset koe- ja kontrolliryhmien nuorempien vuosiluokkaryhmien välillä 26 kuukauden seurannan aikana lineaarisen sekamallin avulla analysoituna.

	Ajan vaikutus koeryhmään (n=23)		Ajan vaikutus kontrolliryhmään (n=20)		Ajan vaikutuksen testaus ryhmien välillä
	Estimaatti	t-testi P-arvo	Estimaatti	t-testi P-arvo	F-testi P-arvo
<b>Niska/hartia</b>					
Kuormittuneisuus	0,02	NS	-0,05	0,003	0,000
Kipu (tällä hetkellä)	0,06	NS	-0,13	0,000	<0,0001
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	0,27	NS	-0,28	0,042	0,001
<b>Yläselkä</b>					
Kuormittuneisuus	-0,00	NS	-0,05	0,001	0,013
Kipu (tällä hetkellä)	0,06	NS	-0,14	0,000	<0,0001
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	0,57	0,003	-0,16	NS	0,002
<b>Alaselkä</b>					
Kuormittuneisuus	0,02	NS	-0,06	0,000	<0,0001
Kipu (tällä hetkellä)	0,13	0,001	-0,13	0,000	<0,0001
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	0,57	0,002	-0,01	NS	0,008
<b>Yläraajat</b>					
Kuormittuneisuus	-0,01	NS	-0,05	0,000	0,005
Kipu (tällä hetkellä)	0,05	NS	-0,11	0,002	0,000
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	0,56	0,003	0,01	NS	0,013
<b>Alaraajat</b>					
Kuormittuneisuus	-0,02	NS	-0,04	0,007	NS
Kipu (tällä hetkellä)	0,02	NS	-0,12	0,001	0,001
Viimeisen 6 kuukauden aikainen kipu	0,33	NS	-0,01	NS	NS

NS = ei tilastollisesti merkitsevä

## Selän ryhti ja liikkuvuus

Lannerangan lordoosi, rintarangan kyfoosi ja lannerangan ja ristiluun liikkuvuus eivät eronneet ryhmien välillä tutkimuksen alkutilanteessa. Myöskään lineaarisen sekamallianalyysin mukaan 12 -kuukauden seurannan aikana, koskien molempia ikäluokkia, ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja koe- ja kontrolliryhmien välillä kyseisissä muuttujissa. Lisäksi 24 -kuukauden analyysissä, joka tehtiin vain nuoremmille ikäluokille, ei havaittu myöskään eroja koe- ja kontrolliryhmien välillä. (IV)

Koska kontrolliryhmän vanhempi ikäluokka ei jatkanut tutkimuksessa ensimmäisen 12 kuukauden seurannan jälkeen, tilastolliset analyysit koskien 24 -kuukauden seuranta, suoritettiin aluksi vain nuorempien ikäluokkaryhmien kesken. Kuitenkin tutkimuksessa haluttiin selvittää vielä 24 -kuukauden ajalta, kun molemmat ikäluokkaryhmät olivat analyysissä mukana, eroavako selän ryhti ja liikkuvuus ryhmien välillä. Tällöin lineaarinen sekamalli laski (estimo) kontrollikoulun vanhemmalle ikäryhmälle ensimmäisen seurantavuoden perusteella puuttuvat mitausarvot toisen seurantavuoden ajalle. Tämän lisäanalyysin tulokset eivät kuitenkaan eronneet aikaisemmista tuloksista eli molempien ikäluokkaryhmien yhteisessä analyysissä ei havaittu eroja 24 kuukauden seurannassa.

## Työpisteiden mielekkyys ja niiden hyvät ja huonot ominaisuudet

Mielipiteitä käytössä olevista, perinteisistä koulutyöpisteistä kysyttiin lomakekyselyllä (VAS, 0-100 mm) sekä koe- että kontrollikoulun tutkimukseen osallistuvilta koululaisilta ennen kuin uudet, säädettävät koulutyöpisteet vaihdettiin koekoulun luokkiin perinteisten, tavanomaisten koulutyöpisteiden tilalle. Tulokset osoittivat, että koululaisten mielipiteet käytössä olevista koulutyöpisteistä olivat yhteneväisiä molemmissa kouluissa tutkimuksen alkaessa. Ensimmäisen seurantavuoden aikana (12 kk) koeryhmäläiset pitivät uusia, säädettäviä koulutyöpisteitään merkitsevästi parempina kuin tavanomaisia, perinteisiä koulutyöpisteitään verrattuna kontrolliryhmäläisiin, joiden mielestä koulutyöpisteet olivat huonompia kuin tutkimuksen alkaessa ( $p < 0,001$ ). (IV)

Tutkittavien mielipiteitä koulutyöpisteistä kysyttiin myös 24 kuukauden seurannan aikana. Tässäkin kahden vuoden seurannan analyysissä olivat mukana vain nuoremman vuosiluokan koululaiset molemmista kouluista. Tulokset osoittivat koekoulun koululaisten työpistearvioiden selvästi huononevan ja ero kontrollikou-

lun koululaisten mielipiteisiin ei ollut enää merkitsevä. (IV) Lisäksi selvitettiin lineaarisen sekamallin avulla kahden vuoden ajalta molempien ikäluokkien ollessa analyysissä, ryhmien välistä eroa koululaisten mielipiteistä koulutyöpisteistään. Kontrollikoulun puuttuville, vanhemmille vuosiluokkalaisille malli laski (estimo) seurannan toiselle vuodelle puuttuvat mittausarvot ensimmäisen seurantavuoden arvojen perusteella. Tulosten perusteella koe- ja kontrolliryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa koulutyöpisteiden mielipiteissä seurannan aikana.

Tutkittavilta kysyttiin mielipiteiden lisäksi tarkentavana kysymyksenä koulutyöpisteiden hyviä ja huonoja puolia. Tutkimuksen alkaessa koekoulun tutkittavat ilmoittivat käytössä olevien, tavanomaisten koulutyöpisteiden hyväksi tekijöiksi rakenteelliset ominaisuudet (esimerkiksi: riittävän suurikokoinen, sopii minulle) ja kontrollikoulun koululaiset säädettävyyteen liittyvät ominaisuudet (esimerkiksi: hyvä korkeus, työpöydän kaltevuussäätö). Kun koeryhmäläiset olivat vaihtaneet uusiin, säädettäviin koulutyöpisteisiin tavanomaisten, perinteisten tilalle, kokivat he uusien koulutyöpisteiden parhaaksi ominaisuudeksi säädettävyyden (esimerkiksi: työpisteiden hyvä korkeus), samoin kokivat kontrolliryhmäläisetkin käyttäessään tavanomaisia, perinteisiä koulutyöpisteitään (esimerkiksi: työpisteiden hyvä korkeus, työpöydän säädettävyys). Vuoden uusia koulutyöpisteitään käytettyään, koeryhmäläiset ilmoittivat parhaimmaksi ominaisuudeksi rakenteelliset tekijät (esimerkiksi: työpiste on suuri), kontrolliryhmäläiset arvioivat tasapuolisesti rakenteellisilla ja säädettävyyteen liittyvillä tekijöillä omiaan. Kahden vuoden seuranta-ajan jälkeen koeryhmäläiset ilmoittivat edelleen työpisteiden parhaiksi puoliksi samat rakenteelliset ominaisuudet, kun kontrolliryhmä piti säädettävyyttä selvästi parhaimpana tekijänä. (IV)

Tutkittavien kokemukset koulutyöpisteiden huonoista puolista erosivat koe- ja kontrollikoulun välillä jo tutkimuksen alkutilanteessa, kun koekoulun koululaiset raportoivat eniten terveyteen/hyvinvointiin liittyviä negatiivisia tekijöitä (esimerkiksi: niska ja selkäkipuja), kun taas kontrollikoulun koululaiset säädettävyyteen liittyviä tekijöitä (esimerkiksi: työpöytä liian matala, liian vähän tilaa kirjoille). Ensimmäisen seurantavuoden jälkeen koekoululaiset kokivat mukavuuteen liittyvinä epäkohtina esimerkiksi: tuoli on epämukava, kun se kuluttaa farkkuja ja työpöytä on epävaka. Vastaavasti kontrolliryhmän mielestä säädettävyyteen liittyvät tekijät olivat negatiivisia, kuten työpöydän sisälle ei mahdu kaikki kirjat/tavarat. Koeryhmäläisten mielipide työpisteistään muuttui kahden vuoden seurannan aikana painottuen säädettävyysongelmaan (esimerkiksi: tavarat eivät pysy työpöydällä, kun pöytä on liian kalteva), mutta kontrolliryhmäläisillä esiintyi edelleen samat ongelmat kuin yhden vuoden seurannan aikanakin. (IV)

## POHDINTA

Tämä kontrolloitu ei-satunnaistettu interventiotutkimus osoitti säädettävien satulatuolien ja etuosasta kaarevien koulutyöpöytien olevan keskimäärin sopivampia koululaisten kehon mittoihin verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin. Nämä tulokset ovat yhdenmukaisia aikaisempien tutkimusten kanssa, mutta vertailtavuutta aikaisempiin tutkimuksiin vaikeuttaa erimallisten koulutyöpisteiden käyttö interventioissa (Bruynel ja McEwan Stotter 1985; Parcels ym. 1999; Panagiotopoulou ym. 2004; Gouvali ja Boudolos 2006). Vain Koskelon (2006) tutkimuksessa oli käytössä satulamallinen työtuoli. Koeryhmän koululaisten istuma-asennot olivat keskimäärin neutraalimmat ja suuremmat verrattuna kontrolliryhmän koululaisten asentoihin, jotka käyttivät tavanomaisia työpisteitä. Koekoululaiset pitivät uudenmallisia koulutyöpisteitään parempina verrattuna kontrollikoululaisten tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin. Kontrollikoululaiset kokivat seurannan aikana alhaisempia TULE -kuormittuneisuuden ja -kipujen tasoja kuin koekoululaiset. Kuitenkin 14 kk seurannassa viimeisen puolen vuoden aikaisissa TULE -kiputasoissa, eroja ryhmien välillä ei ollut, mutta 26 kk seurannassa eroja esiintyi. Selän ryhdin ja liikkuvuuden osalta ryhmät eivät eronneet toisistaan seurannan aikana.

Satulamallinen, pyörällinen ja korkeussäädettävä työtuoli mahdollisti tässä tutkimuksessa keskimäärin suuremman vartalo-reisikulman istuttaessa kuin perinteiset työtuolit ja tämä tulos on samansuuntainen Koskelon (2006) kanssa. Myös satulatuolin pyörät mahdollistivat työtuolin liikkuttamisen työpöydän suhteen, jolloin työskentelyasennon vaihtelu oli mahdollista. Työtuolin pyörät mahdollistivat myös tuolin liikkumisen myötä selän, lantion ja alaraajojen alueen tuki- ja liikuntaelinten mikro- ja makrotason liikkeiden lisääntymisen ja dynaamisen käytön, jolla oli mahdollisesti vaikutusta selän eri rakenteiden hyvinvointiin. Koekoululaisilla tämä selän asentomuutos ei kuitenkaan saanut aikaan TULE -oiretasojen laskumuutoksia verrattuna kontrollikoululaisiin.

Mahdollisena vaikuttavana tekijänä tähän alkuperäisen oletuksen vastaisiin tuloksiin oli koekoululaisten satulatuolille ja kaarevalle työpöydälle keskimääräisen altistumisen vähäisyys kouluviikkojen aikana ja tutkimuksen lähtötilanteen alhaiset TULE -oiretasot. Aikuisten tutkimuksissa alle 30 mm keskimääräistä VAS -kiputasa soa pidettiin kohtalaisena (moderate) ja yli 54 mm voimakkaana (severe) (Collins ym. 1997). Tässä tutkimuksessa TULE -oiretasot olivat keskimäärin alle 25 mm

seurannan aikana, joten aikuisten rajoihin verrattuna voidaan todeta koululaisten oiretasojen olevan melko alhaisia (mild). Lisäksi Todd (1996) ja Kelly (2001) toteusivat, että vaikka kiputasojen lasku (keskimäärin 12 mm) seurannan aikana oli tilastollisesti merkitsevä, ei kiputasojen lasku ollut kuitenkaan kliinisesti merkitsevä.

Uudenmallisten, säädettävien koulutyöpisteiden vaikutukset TULE -oireiden esiintyvyyteen ovat myös osittain ristiriitaisia (Troussier ym. 1999; Cardon ym. 2004; Koskelo 2006). Uudenmallisten koulutyöpisteiden vaikuttavuudesta TULE -oiretasoihin ei löydy kansallisia eikä kansainvälisiä tutkimuksia, joten vertailua ei voitu tältä osin tehdä. TULE -oireiden esiintyvyyteen koulutyöpisteillä ei tämän tutkimuksen mukaan seuranta-aikana ollut vaikutusta, mutta tulokset osoittivat kontrollikoulun koululaisten joukossa olevan vähemmän oireilevia koululaisia. Tässä tutkimuksessa ei selvitetty koululaisten TULE -oireiden aiheuttamia mahdollisia jokapäiväiseen elämään liittyviä haittoja tai toimintakyvyn muutoksia, joten ei tiedetä, rajoittivatko kivut esimerkiksi joidenkin koululaisten koulunkäyntiä tai vapaa-ajanharrastuksia.

Koeryhmän koululaisten istuma-asennot olivat keskimäärin neutraalimmat ja suuremmat verrattuna kontrolliryhmän koululaisten asentoihin, jotka käyttivät tavanomaisia työpisteitä. Satulamallinen työtuoli saa mahdollisesti aikaan myös vartalo-reisikulman suurenemisen myötä tasapainoisemman istuma-asennon ja vaatii vähemmän lihaskontrollia asentotasapainon säilyttämiseen. Satulatuolin ja eteenpäin kallistetun työpöydän on todettu vähentävän kouluikäisten lanneselän lihaskäynnitystä (Koskelo 2006). Aikaisemmat tutkimustulokset selän ja niskan asentojen (istuma-asennossa) suhteen ovat osittain ristiriitaisia tämän tutkimuksen tuloksiin verrattuna, mutta vertailua vaikeuttaa sekä koulutyöpisteiden mallien että mittausmenetelmien ja asentohavaintomäärien eroavaisuus (Linton ym. 1994; Cardon ym. 2004; Koskelo 2006).

Tässä tutkimuksessa selvitettiin myös koululaisten rinta- ja lannerangan asentoja sekä lannerangan ja ristiluun liikkuvuutta, jotka eivät eronneet ryhmien välillä seurannan aikana. Koulutyöpisteiden vaikutuksia selän ja niskan asentoihin (seistessä) on tutkittu hyvin vähän. Koskelon (2006) tulokset osoittivat rintarangan kyfoosin oikenevan merkitsevästi enemmän koululaisten käyttäessä satulatuoleja ja säädettäviä työpöytiä verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin työpisteisiin, mutta lannerangan kulmaan vaikutusta ei ollut. Tutkimukset osoittavat koululaisten pitävän uudenmallisia, säädettäviä ja korkeampia koulutyöpisteitä usein parempana kuin tavanomaisia, käytössä olevia työpisteitään. Tämän tutkimuksen 1 -vuoden tulokset ovat yhdenmukaisia aikaisempien tutkimustulosten kanssa, mutta kahden vuoden seurantajakson aikana eroa ryhmien välillä ei ollut.

Tämän tutkimuksen tuloksien vertailua aikaisempiin tutkimustuloksiin vaikeuttaa eri mittausmenetelmien ja -mittareiden käyttö, ikäryhmien eroavaisuus ja yhteinäisten käytäntöjen puute erimallisten työpisteiden ja koululaisten kehon mittojen suhteesta.

## Koeasetelma

Tämän tutkimuksen tulokset perustuvat kahden vuoden kontrolloituun interventio-tutkimukseen (v. 2002-2004), jonka koehenkilöinä olivat kahden ruotsinkielisen koulun kaksi eri vuosiluokkaryhmää (6 lk. ja 8 lk.). Tutkimusasetelmaksi valittiin koe-kontrolliasetelma eikä satunnaistettua koe-kontrolliasetelmaa, tutkimuksen taloudellisiin (uusien koulutyöpisteiden määrä, vertailtavien koulujen etäisyys toisistaan) ja käytännön järjestelyjen (samassa koekoulun luokassa ei voinut olla tavanomaisia, käytössä olevia ja uudenmallisia koulutyöpisteitä yhtä aikaa ja luokkatilassa tehtyjä mittauksia ei voinut sokkouttaa mittaajan suhteen) perusteella. Tässä tutkimuksessa tutkija itse aiheutti tarkoituksella altistumisolojen muutoksen, joskin koekoululaisten altistuminen uusille koulutyöpisteille jäi suunniteltua vähäisemmäksi. Interventiotutkimus eroaa puhtaasta kokeellisesta tutkimuksesta siinä, ettei tutkimusaineistoa aina ole mahdollista satunnaistaa eikä voida vaikuttaa muiden samanaikaisten altisteiden esiintymiseen. Interventiotutkimuksella selvitetään kahden ilmiön välisen yhteyden syy-seuraussuhdetta, pääsääntöisesti suositellaan pitkittäisiä tutkimuksia etiologisten ongelmien ratkaisemiseksi. (Hernberg 1987.)

Tähän tutkimukseen osallistuvat koulut olivat sijainniltaan lähellä tutkimusyksikköä ja myös ruotsinkielisistä kouluista Porin koulu oli lähinnä Tamperetta (välimatka noin 140 km). Näiden ikäryhmien valintaperusteena oli tätä ikäryhmää koskevien kouluinterventioiden vähäisyys. Lisäksi nämä ruotsinkieliset koulut valittiin tutkimukseen kaupunkien kulttuurisen ja kielellisen vertailtavuuden vuoksi ja myös siksi, että kouluissa oli jokaisella luokkaryhmällä käytössä niin sanottu ”kotiluokka”. Kotiluokka mahdollisti uusien työpisteiden sijoittamisen koeryhmäläisten käyttöön mahdollisimman laajasti koulupäivien aikana. Uusia työpisteitä ei ollut kuitenkaan mahdollista siirrellä luokasta toiseen oppituntien vaatiessa eri luokkatiloja, joka vähensi koululaisten altistumisaikaa työpisteille. Lisäksi koekoululaisten altistuminen satunnaisesti koulupäivien aikana myös tavanomaisille työpisteille sai aikaan kumaria lannerangan asentoja, joita uudenmallisella työpisteellä pyrittiin vähentämään.

Tutkimusryhmien, koe- ja kontrollikoulujen koululaisten, vertailtavuus oli hyvä,

koska vertailuryhmät olivat samanikäisiä, sukupuolijakauma oli tasapuolinen ja istumapituus, koko kehon pituus ja paino eivät eronneet ryhmien välillä tutkimuksen alkaessa. Tämä ikäryhmä oli kuitenkin haasteellinen, koska pituuskasvu oli voimakkaimmillaan monilla koululaisilla, eri tahtiin edeten, koko tutkimuksen ajan. Koulutyöopisteitä säädettiin koululaisten kehon mittojen mukaan koekoulussa noin kahden kuukauden välein, jotta suositustenmukaiset keho-työpistesuhdemitat säilyivät kohdallaan. Kontrollikoulussa oli myös käytössä koko tutkimuksen ajan kaltevuus- ja korkeussäädettävät työpöydät, joka osaltaan mahdollisesti vaikutti tuloksiin. Tämä yksilöidenvälinen pituuskasvun eroavaisuus toi suurta hajontaa kehon eri mittoihin saman ikäryhmänkin sisällä, jolla saattoi olla vaikutusta TULE-oireiden ja ryhdin osalta ryhmienvälisiin eroihin, mutta syvemmissä analyyseissä suhteellisella pituuskasvulla ei ollut kuitenkaan vaikutusta tutkittaviin tulosuutuksiin.

Tämän kontrolloidun tutkimuksen vahvuutena oli suhteellisen pitkä seuranta-aika, joka eroaa useista aikaisemmista tutkimuksista. Lisäksi tässä tutkimuksessa käytettiin useita mittauksia seurannan aikana, jotka vahvistivat tulosten luotettavuutta. Kuitenkin koeryhmän alkuhypoteesin vastaiset TULE -kuormittuneisuus- ja -kiputasojen muutokset sekä ryhtimuutokset, verrattuna kontrollikoululaisten muutoksiin, saattoivat olla seurausta liian lyhyestä altistusajasta uusille työpisteille ja liian lyhyestä seurantajaksosta. Tulevaisuudessa tarvitaankin pidempiä satunnaistettuja kontrolloituja seurantatutkimuksia, jotta voidaan seurata kasvun kehittymisen rinnalla muiden kehosta mitattavien muuttujien kehittymistä aina kasvun loppuun asti.

## Koehenkilöt

Tutkimusjoukkona oli 46 koululaista Tampereelta ja 55 Porista. Koululaiset olivat tutkimuksen alkaessa keski-ikältään 12 - (6 lk.) ja 14 -vuotiaita (8 lk.). Näiden koulujen molemmat vuosiluokkaryhmät osallistuivat tutkimukseen sen alkaessa kokonaisuudessaan, joten osallistumisprosentti oli täydellinen. Yhden vuoden seurannan aikana vain muutama koululainen vaihtoi pois tutkimuskouluista, joten osallistumisaktiivisuus oli erityisen hyvä. Osallistumisprosentti laski kuitenkin kahden vuoden seurannan aikana, koska kontrollikoulun vanhempi ikäryhmä jäi pois tutkimuksesta: osallistumisprosentti oli koekoulussa 83,3 % ja kontrollikoulussa 37,7 %. Tutkimuksen keskeyttämisen yleisin syy oli koulun vaihto ja kontrolliryhmän vanhemman ikäluokan keskeyttämisen taustalla olivat päällekkäiset ke-

hityshankkeet koulussa ja osallistujien tiedossa ollut mahdollisuus keskeyttää tutkimukseen osallistuminen ilman perusteluja. Tämä tutkimuksen vanhemman kontrolli-ikäryhmän keskeyttäneiden määrän suuruus toisena tutkimusvuotena on yksi tämän tutkimuksen heikkouksista ja näin ollen heikensi tutkimuksen luotettavuutta. Kuitenkin tämä tutkimusotos edustaa peruskoulun ylä-asteikäisten ikäryhmää, johon kohdistuvia tutkimuksia tästä aihealueesta on vähän, joten tulokset ovat suuntaa-antavia ja niiden perusteella voidaan tukea tämän ikäryhmän terveyden edistämiseen, erityisesti TULE -terveyteen kouluterveydenhuollossa ja perusterveydenhuollossa liittyviä päätöksentekoa.

## Kehon mitat ja koulutyöpisteet

Kehon fyysisten mittojen mittaamiseen käytettiin Norrisin ja Wilsonin (1995) suosituksia lapsilla tehtävistä staattisen antropometrian mittauksista. He painottavat ergonomian alkavan ihmisten mittauksilla ja tutkimuksilla siitä kuinka ihmiset ovat vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Nämä tutkimukset tuottavat perustietoa ihmisten tunnusmerkeistä, joita ilman ei voida sovittaa tuotteita käyttäjilleen eikä kehittää tuotteita. Suositukset perustuvat yhteen koottuihin luotettaviin ergonomisiin tutkimuksiin mm. Englannista, USA:sta, Hollannista, Saksasta ja Australiasta. Tämän tutkimuksen kyynärvarsi- ja polvitaivemitta mitattiin oppituntien aikana, koululaisten omissa luokkahuoneissa heidän istuessaan käytössä olevilla työpisteillään. Luokkatilassa toteutetuilla mittauksilla saatiin keho-työpistemitat tehtyä mahdollisimman luonnollisessa kouluympäristössä, noudattaen kuitenkin ergonomisia peruseräilyä mittauksissa. Kun mittaukset toteutetaan luonnollisessa ympäristössä, asettaa se joitakin tutkimuksellisia rajoituksia. Tässä tutkimuksessa mittaukset saattoivat hiukan joko yli- tai aliarvioida kehon mittoja verrattuna standardeihin mittaustekniikoihin, esimerkiksi kyynärvarsimitan osalta.

Uudenmallinen satulatuoli vaikeutti työtuolin korkeusmitan määrittämistä sen muotoilun vuoksi. Lisäksi polvitaivemittaa ei voitu käyttää satulatuolilla istuttaessa, koska tämän mitan määrittäminen ei ollut mahdollista istuma-asennon muutuksessa polvikulman osalta niin suureksi, että mitan asettaminen polven alapuolelle standardoituun mitta-asentoon ei onnistunut. Polvitaivemitan tilalla käytettiin seurantajakson aikana vartalo-reisikulmamittaa (Keegan 1953; Bendix ym. 1985), jolla saatiin vertailukelpoinen mitta tavanomaisen, käytössä olevan ja uudenmallisen työtuolin välille, joka ei ollut riippuvainen polvitaivemitasta.

Säädettävä satulatuoli ja etuosastaan kaareva työpöytä vaikuttivat positiivisesti



koekoululaisten neutraalien, suorien selän ja niskan asentojen lisääntymiseen verrattuna tavanomaisiin, perinteisiin työpisteisiin. Tämä asentojen muutos oli osittain uusien koulutyöpisteiden hyvän säädettävyyden ja uudenlaisen mallin tulosta. Uudet koulutyöpisteet mahdollistivat myös paremman kyynärvarsituen ja vartalo-reisikulman suurenemisen, joka mahdollisti neutraalimman lannerangan asennon. Ylläpitääkseen neutraalin, suoran istuma-asennon, on koululaisten opittava ensin lannerangan ja lantion asennon hallinta, josta seuraa rintarangan ja kaularangan asentojen ylläpitäminen neutraalilla alueella. Lanneranka-lantio asennonhallintaa edesauttoi tässä tutkimuksessa käytetty satulamallinen työtuoli, joka mahdollisti vartalo-reisikulman suurenemisen ja sitä kautta lantion asennon paranemisen.

Huolimatta uusien koulutyöpisteiden hiukan rajoittuneesta korkeussäädettävyydestä (säätökolot), koulutyöpisteiden säädöt saatiin enimmäkseen haluttuun korkeuteen. Korkeussäätömekanismin käyttö oli koekoululaisille helppo ja turvallinen. Kontrollikoululaiset pystyivät säätämään työpöytänsä kaltevuutta kahteen eri asentoon, työpöydän kannessa olevan tukimekanismin avulla, mutta koekoulun tavanomaisissa, perinteisissä työpöydissä tätä mahdollisuutta ei ollut. Työpöytien kaltevuudet erosivat koe- ja kontrollikoulujen välillä merkitsevästi tutkimuksen alkutilanteessa, mutta eivät seurannan aikana.

Tutkija sääti koeryhmäläisten uudet työpisteet koululaisten kehon mittoihin sopiviksi. Säädöt saattoivat kuitenkin seurannan aikana muuttua, joko koekoululaisen itse säätäessä niitä tai toiset koululaiset, jotka työskentelivät satunnaisesti koeryhmän kotiluokassa, säätivät niitä. Varmistaakseen koekoululaisten työpisteiden oikean säädettävyyden, tutkijat tarkistivat työpisteiden korkeussäädöt joka toinen kuukausi. Näin varmistettiin, ettei väärän korkuisia työpisteitä ollut koekoululaisilla käytössä. Huolimatta kuitenkin uuden työtuolin (satulatuoli) mallista ja uuden työpöydän ominaisuuksista, jotkut koekoululaisista istuivat osan oppituntien ajasta selkä ja niska etukumarassa asennossa, nostaen jalkaterät työpöydän jalkojen tai säätömekanismin päälle. Näitä työskentelyasentotapoja tutkijat eivät pystyneet hallitsemaan.

## Videoinnin käyttö istuma-asentojen havainnoimiseksi

Koululaisten istuma-asentoja analysoitiin videonauhoituksien perusteella, joista saatiin keskimäärin 133 asentohavaintoa koululaista kohti. Tämä havaintomäärä oli suuri verrattuna aikaisempiin koululaistutkimusten havaintomääriin (Linton ym. 1994; Marchall ym. 1995; Knight ja Noyes 1999; Wingrat ja Exner 2005) lisä-

ten täten tämän tutkimuksen luotettavuutta istuma-asentotulosten suhteen. Lisäksi videoanalyysin on todettu olevan pätevä ja sopiva käytännön työasentojen arviointimenetelmä. Tämän tutkimuksen videoanalyysissä neutraalin/suoran istuma-asennon (selän ja niskan asento) kriteereinä käytettiin kulma-asteita ja niiden vaihteluväliä ( $\leq 20$  astetta ja/tai kiertynyt  $< 45$  astetta) perustuen aikaisempiin tutkimuksiin aikuisilla ja kouluikäisillä. Videoanalyysin on todettu olevan sopiva selän, niskan ja yläraajojen asentojen arvioimiseksi, lisäksi sopiva arvioitaessa takapuolen (buttocks) sijoittumista tuolilla (seat). (Ariëns ym. 2001; Ketola ym. 2002; Murphy ym. 2002.)

Tämän tutkimuksen videoanalyysin yksi mahdollinen virhelähde saattoi olla koululaisen tietoisuus oppitunnin aikaisen videonauhoituksen kohdistumisesta häneen. Tällöin koululainen saattoi muuttaa istuma-asentoaan hetkellisesti. Videointia tehtiin kuitenkin koko oppitunnin ajan, keskimäärin 36,5 minuuttia koululaista kohden, jolloin hetkellinen asentomuutos ei vaikuttanut kokonaisasentoanalyysin tulokseen.

Sovelletun OWAS -työasentojen arviointimenetelmän avulla istuma-asentoja analysoitiin 15 sekunnin välein. Tähän tutkimukseen 15 sekunnin väliaika ja asentoluokat määräytyivät aikaisempien tutkimusten mukaan (Ariëns ym. 2001; Ketola ym. 2002; Murphy ym. 2002). Videoanalyysin havainnointivälin on todettu olevan riittävän tiheä, jolloin vain hyvin vähän istuma-asentoja jää tällä analyysivälillä havaitsematta oppitunnin aikana.

## Ryhtimuutokset

Selän asentojen ja liikkuvuuden mittaamiseen käytetty elektroninen goniometri on yhdenmukainen aikaisemmissa tutkimuksissa käytettyihin muihin laadukkaisiin ja luotettaviin goniometreihin, joita on käytössä esimerkiksi kliinisessä fysioterapiassa (Loebl 1967; Mellin 1986; Mellin ym. 1988; Salisbury ja Porter 1987). Selän ryhtiin liittyvissä tutkimuksissa on käytetty hyvin erilaisia mittausmenetelmiä, jotka vaikeuttivat tutkimusten vertailua. Pitkän aikavälin seurantatutkimuksia, liittyen koulutyöpisteiden vaikutuksiin koululaisten selän ryhdistä, on vain yksi julkaisu (Koskelo 2006). Aikuisilla tehtyjen tutkimusten mukaan lantio kääntyy taaksepäin, lanneranka hiukan oikenee, lonkkanivelet koukistuvat ja vartalo pyrkii enemmän etukumaraan asentoon siirryttäessä seisoma-asennosta tavalliselle, perinteiselle tuolille istumaan. Näin tapahtuu osittain myös istuttaessa satulatuolille, mutta lonkkanivelet koukistuvat vähemmän ja vartalo pysyy enemmän neutraalissa, suoremassa asennossa kuten seistessä (Bendix ym. 1985). Oletettavaa on, että

samanlainen muutos tapahtuu kouluikäisten vartalon ja selän asennoissa, mutta tutkimustuloksia tämän toteamiseksi ei toistaiseksi löydy.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin uudenmallisten, säädettävien koulutyöpisteiden, satulatuolin ja kaltevan, etuosastaan kaarevan työpöydän, vaikutuksia myös koululaisten selän ryhtiin ja liikkuvuuteen. Tuloksien mukaan koe- ja kontrolliryhmien välillä ei ollut eroa selän ryhdissä ja liikkuvuudessa seurannan aikana. Nämä tulokset ovat päinvastaisia Koskelon (2006) tutkimustuloksien kanssa, mutta on huomioitava, että Koskelon (2006) tutkimuksessa selän ryhdin mittaamiseen käytettiin eri mittaamenetelmiä kuin tässä tutkimuksessa ja koehenkilöt olivat iältään vanhempia.

Lisäksi altistuminen uudenmallisille koulutyöpisteille oli tässä tutkimuksessa arvioiden 52,4 % kouluviikon kaikista niistä oppitunneista, jolloin istutaan kotiluokassa (poissuljettuna esim. liikunta- ja kotitaloustunnit). Koskelon (2006) tutkimuksessa tätä altistumisen määrää ei oltu arvioitu, mutta tutkimusraportti tuo esille koululaisten siirrelleen uusia koulutyöpisteitään mukanaan luokasta toiseen. Tässä tutkimuksessa tämä koulutyöpisteille altistumisen melko alhainen viikoittainen määrä oli tämän tutkimuksen yksi heikkouksista ja se saattoi olla osatekijänä, miksi koulutyöpisteiden positiivinen vaikutus koululaisten selän ryhtiin jäi toteutumatta verrattuna kontrollikoululaisiin. Kuitenkin verrattaessa Koskelon (2006) tutkimusjoukkoa tämän tutkimuksen peruskoululaisiin, ikä ja oppituntien erilainen valikoima poikkesivat toisistaan. Osa peruskoulun oppitunneista, kuten kotitalous ja käsityöt, joita lukiossa ei ole, on pidettävä omassa erityisessä luokkatilassaan oppiaineen sisällöllisten erikoisvaatimusten vuoksi, jolloin opiskelu kotiluokassa ei ole mahdollista.

Tässä tutkimuksessa käytännöllisistä ja taloudellisista syistä uusia koulutyöpisteitä ei voitu sijoittaa kaikkiin luokkiin, ainoastaan kotiluokkaan. Tavanomaiset työpisteet olivat koululaisten käytössä muissa luokissa ja myös koeryhmäläiset istuivat osan viikon oppitunneista näillä tavanomaisilla koulutyöpisteillä. Tämä vaihteleva altistuminen uudenmallisille ja tavanomaisille koulutyöpisteille vuorotellen, satunnaisesti, oli väistämätöntä ja saattoi vaikuttaa koekoululaisten selän tukikudosten lisääntyneeseen kuormittuneisuuden tunteeseen, lähinnä rinta- ja lannerangan asentojen vaihtelun myötä. Toisaalta, vaihtelevat työskentelyasennot ovat suositeltavia. Tässä tutkimuksessa koululaisten vapaa-ajan istumisen määrää ja reaaliaikaisen fyysisen aktiivisuuden määrää ei mitattu. Kyselylomakkeilla kerätty tieto fyysisen aktiivisuuden määrästä ei antanut riittävän tarkkaa tietoa kokonaisaktiivisuudesta eikä kertonut kokonaisaktiivisuuden määrää. Tutkimuksen alkutilanteessa vapaa-ajan liikunnan määrä ei kuitenkaan eronnut koe- ja kontrolliryhmien välillä.

## Kyselylomakkeet TULE -oiretasojen ja koulutyöpistemielipiteiden mittauksissa

Koululaisten TULE -kuormittuneisuutta ja -kipuoireita sekä mielipiteitä koulutyöpisteistä kysyttiin kyselylomakkeilla. Tässä tutkimuksessa käytössä olleiden TULE -kuormittuneisuus ja -kipumittareiden, Borg CR 10 –skaala ja VAS, luotettavuus on todettu aikuisten tutkimuksissa (Borg 1998; Revill ym. 1976). VAS:n ja numeeristen arvoasteikkojen soveltuvuutta lapsille ja kouluikäisille on myös tutkittu ja todettu niiden olevan sopivia tutkimuskäyttöön (Tyler ym. 1993; Lamb 1995; Shields ym. 2003; Spagrud ym. 2003). Näiden mittareiden käytössä ei ole havaittu eroja tyttöjen ja poikien välillä (Shields ym. 2003; Marinov ym. 2007). Tämän tutkimuksen vahvuutena oli TULE -oireiden voimakkuutta mittaavien kyselyiden mittauskertojen useus tutkimuskuukausien aikana ja kyselylomakkeiden samanlaisuus ja -aikaisuus koe- ja kontrollikoululaisille. Mahdollisesti tämän tutkimuksen tutkimusjoukko oli liian pieni, jolloin ryhmien väliset erot eivät tulleet esiin.

Koska tämän tutkimuksen nuorimmat koehenkilöt olivat 12 -vuotiaita, numeeristen asteikkojen ymmärryksessä ei tullut ongelmia ja asteikkojen ymmärrystä selvennettiin kertaamalla mittareiden tarkoitus ja täyttöohjeet jokaisen mittausjakson alkaessa kaikille tutkimusryhmäläisille. Numeerisen Borg:n CR 10 -asteikon käyttö VAS -asteikon rinnalla yhdisti informaation TULE -kuormittuneisuuden ja -kipujen tasoista ja kysely viimeisen kuuden kuukauden aikaisista TULE -kivuista antoi vielä lisätietoa kipukokemusten tasoista, mutta toi esille myös muistiin liittyvän epävarmuuden. Aikuisten tutkimusten mukaan (Eich ym. 1985) aikaisemman kiputason muistamiseen vaikuttaa kyselyhetken kiputason voimakkuus. Mikäli kyselyhetken kiputaso oli korkea, henkilö arvioi aikaisemman kiputason voimakkaammaksi kuin mitä päiväkirjamerkinnot siltä aikajaksolta osoittivat (Eich ym. 1985; Feine ym. 1998; Brauer ym. 2003) ja päinvastoin (Eich ym. 1985; Feine ym. 1998). Linton ja Melin (1982) ja Hunfeld ym. (1997) raportoivat koehenkilöiden yliarvioineen aikaisempia kipukokemuksiaan; tämän tutkimuksen tulokset olivat näiden tulosten kanssa yhdenmukaisia.

Koululaisten mielipiteet uusista koulutyöpisteistä ovat aikaisempien tutkimusten mukaan keskimäärin positiivisia (Aagaard-Hansen ja Storr-Paulsen 1995; Koskelo 2006; Linton ym. 1994; Troussier ym. 1999). Kuitenkin tämän tutkimuksen tuloksien mukaan positiivinen mielipide kasvoi vain ensimmäisten kahden kuukauden seurannan aikana ja tasaantui sen jälkeen. Tämä alkuvaiheen kasvu saattoi johtua ns. Hawthorne -vaikutuksesta eli kun mikä tahansa muutos tuodaan työympäristöön, muuttaa se hetkellisesti työsuoritusta. Kuitenkin tässä tutkimuksessa

koekoululaiset pitivät uusia työpisteitään vielä vuodenkin kuluttua parempina kuin tavanomaisia työpisteitään, joten Hawthorne -ilmiö ei todennäköisesti vaikuttanut enää seurannan aikana. Kahden vuoden seurannan aikana koeryhmän (nuorempi vuosiluokkaryhmä) mielipide uudesta työpisteestä verrattuna tavanomaiseen työpisteeseen ei ollut enää merkitsevä. Tämän mielipidetuloksen selityksenä saattoi olla pitkän seuranta-ajan mukana tuoma tottuminen uudenmalliseen koulutyöpisteeseen ja toisaalta hiukan negatiivinen vaste koulutyöpöydän kaltevuuteen (aiheutti kynien ja muiden pyöreiden työvälineiden valumisen alas pöydältä). Toisaalta tämä koekoulun työpöytien kaltevuus ei kuitenkaan eronnut kontrolliryhmän työpöytien kaltevuudesta seurannan aikana.

## Tilastolliset analyysimenetelmät

Tämän tutkimuksen pääasiallisena tilastollisena analyysimenetelmänä käytettiin lineaarista sekamallia (LME), jonka yhtenä erityisenä vahvuutena on ominaisuus, joka mahdollistaa kaikkien koehenkilöiden pitämisen analyysissä mukana, vaikka koehenkilöillä olisi puuttuvia mittauskertatietoja seurannan aikana. Vastaavaa ominaisuutta ei ole esimerkiksi monissa seurantatutkimuksissa käytetyllä toistettujen mittausten varianssianalyysillä (ANOVA). Tässä tutkimuksessa käytetyssä uskottavuusfunktio pohjaisessa menetelmässä voidaan siten hyödyntää kaikki saatavilla oleva mittaustieto. Menetelmän pohjana on lineaarinen sekamalli, jossa selittäjien yhteydet vasteeseen sekä jäännösten riippuvuus rakenne voidaan joustavasti mallintaa. Tämä puolestaan mahdollistaa näiden yhteyksien syvällisemmän analyysin ja ymmärryksen, kun tutkitaan ihmisiä aidoissa toiminta- ja elinympäristöissä. (Pinheiro ja Bates 2000.)

## JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Koululaisten kehon mitat ja työpisteiden mitat olivat tavanomaisia koulutyöpisteitä käytettäessä yhteen sopimattomia ja tavanomaiset koulutyöpisteet olivat usein vailla säätömahdollisuutta tai niitä ei oltu säädetty koululaisten kehon mittojen mukaan. Säädetty satulatuoli ja etuosasta kaareva koulutyöpöytä olivat keskimäärin sopivampia koululaisten kehon mittoihin verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin työpisteisiin.
2. Korkeussäädettävä satulatuoli ja koulutyöpöytä mahdollistivat korkeamman työskentelyasennon verrattuna tavanomaisiin, käytössä oleviin koulutyöpisteisiin. Satulatuolilla istuttaessa vartalo-reisikulma suureni verrattuna tavanomaiseen koulutuoliin ja yhdessä korkeamman ja kyynärvarsille tukea antavan kaarevan koulutyöpöydän kanssa satulatuoli sai aikaan neutraalimmat, suuremmat koululaisten selän ja niskan asennot istuma-asennossa kuin tavanomaiset koulutyöpisteet.
3. Koululaisten käyttäessä uudenmallisia koulutyöpisteitä heidän TULE -oireissaan tai selän ryhdissään ei tapahtunut positiivisia muutoksia verrattuna siihen, kun he käyttivät tavanomaisia koulutyöpisteitä.
4. Koululaiset pitivät enemmän satulatuolista ja kaarevasta koulutyöpöydästä kuin tavanomaisista, käytössä olevista koulutyöpisteistään. Kuitenkin kahden vuoden seurantajakson aikana mielipiteet eivät enää eronneet.

## SUOSITUKSET

1. Koululaisten koulutyöpisteitä tulee suunnitella ja kehittää malliltaan, rakenteeltaan ja säädettävyydeltään sellaisiksi, että ne mahdollistavat koululaisten koulutyöskentelyn mahdollisimman ergonomiseksi TULE-terveyttä ajatellen.
2. Pitkäkestoisia, koululaisten koko kasvun ajan kestäviä satunnaistettuja kontrolloituja seurantatutkimuksia tarvitaan selvittämään sekä koulutyöpisteiden että muiden mahdollisten kouluympäristössä olevien tekijöiden vaikutuksia koululaisten TULE -terveyteen.
3. Koulutyöpisteiden koululaisiin kohdistuvan TULE -terveyden vaikutusten seurannan jatkumo tulisi olla elämäntapa- ja elämäntilanteen mukainen sekä koululaitoksen että koko työelämän vaikuttajien yhteinen kehittämisen kohde, ei vain yksittäisten asiantuntijoiden mielenkiinnon kohde.

## KIITOKSET

Tämä väitöskirjatyö on tehty Tampereen yliopiston terveystieteen laitoksella. Olen tehnyt työtäni yhteistyössä useiden eri henkilöiden kanssa ja haluan kiittää heitä kaikkia avusta. Erityisesti haluan kiittää kaikkia tutkimukseeni osallistuneita koululaisia, tutkimuskoulujen rehtoreita, opettajia ja muuta henkilökuntaa myönteisestä suhtautumisesta väitöskirjatyötäni kohtaan.

Lämpimät kiitokset ohjaajilleni Arja Rimpelälle ja Clas-Håkan Nygårdille monista arvokkaista ohjeista ja neuvoista työni jokaisessa vaiheessa. Anneli Kaukiaiselta sain työni alkuvaiheessa arvokkaita käytännön neuvoja ja työni edetessä rakentavia kommentteja; kiitos hänelle niistä. Kiitän myös Tapio Nummea ja Suvi Kääriää tilastoasiantuntemuksesta ja arvokkaista neuvoista tilastollisiin kysymyksiin liittyen. Jouko J. Salmista haluan kiittää ystävällisistä ja avuliaista neuvoista tutkimukseni edetessä.

Väitöskirjani esitarkastajia Sirkka Keinänen-Kiukaanniemeä ja Veikko Louhevaaraa haluan kiittää perusteellisesta paneutumisesta työhöni sekä kaikista saamistani rakentavista kommentteista.

Väitöskirjani osatöiden englanninkielen tarkistuksista on vastannut edesmennyt työtoverini Marja Vajaranta. Lämmin kiitos hänelle tästä työstä ja kaikesta muusta arvokkaasta avusta työni jokaisessa vaiheessa.

Kummityttöäni Maria Juusela kiitän lämpimästi väitöskirjani taitosta ja teknisestä viimeistelystä. Lisäksi haluan kiittää Marja-Leena Tikkamäkeä väitöskirjani kielenhuoltoon saamastani avusta.

Antoisaa tieteellistä keskustelua olen käynyt läheisten työtovereideni Heli Kososen, Susanna Rainion, Paula Hakalan, Susanna Kautiaisen ja Lasse Peren sekä monien Nedis -ryhmäläisten kanssa koko väitöskirjaprosessini ajan. Kiitän heitä kaikkia siitä. Lisäksi kiitän heitä ja muita työtovereitani niistä vähemmän tieteellisistä keskusteluista ja hetkistä, jotka ovat auttaneet minua jaksamaan väitöskirjatyössäni.

Tutkimustani ovat taloudellisesti tukeneet Suomen Akatemia, Tampereen yliopistollinen sairaala (EVO-apuraha), Kansanterveyden tutkijakoulu (DPPH), TULES- ja biomateriaali tutkijakoulu (TBGS), Juho Vainion säätiö, Easydoing Oy ja BPM-Group Oy. Kiitän kaikkia tukijoitani.



Haluan kiittää myös vanhempiani, Eilaa ja Eeroa kaikesta siitä kiinnostuksesta ja tuesta, jota olen saanut. Lisäksi lämmin kiitos myös sisaruksilleni ja muille läheisilleni kaikesta tuesta ja avusta.

Lopuksi kiitän lämpimästi miestäni Henryä kaikesta siitä tuesta ja kannustuksesta, jota olen saanut väitöskirjatyöni jokaisessa vaiheessa. Lapsiamme Satua ja Kimmoa haluan kiittää jokapäiväisistä yhteisistä arjen hetkistä, jotka ovat auttaneet ajatuksiani pois työni tekemisestä ja muistuttaneet arjen pienten hetkien tärkeydestä.

Kangasalla maaliskuussa 2009

Lea Saarni

## LÄHTEET

- Aagaard-Hansen J ja Storr-Paulsen A (1995): A comparative study of three different kinds of school furniture. *Ergonomics* 38(5):1025-1035.
- Andersson BJK, Örtengren R, Nachemson A ja Elfström G (1974): Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. I. Studies on an Experimental Chair. *Scand J Rehab Med* 6:104-114.
- Ariëns G, Bongers P, Douwes M, Miedema MC, Hoogendoorn WE, van der Wal G, Bouter LM ja van Mechelen W (2001): Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occup Environ Med* 58:200-207.
- Auvinen J, Tammelin T, Taimela S, Zitting P ja Karppinen J (2007): Neck and shoulder pains in relation to physical activity and sedentary activities in adolescence. *Spine* 32(9):1038-1044.
- Auvinen J, Tammelin T, Taimela S, Zitting P ja Karppinen J (2008): Associations of physical activity and inactivity with low back pain in adolescents. *Scand J Med Sci Sports* 18(2):188-194.
- Balague F, Damidot P, Nordin M, Parnianpour M ja Waldburger M (1993): Cross-sectional study of the isokinetic muscle trunk strength among school children. *Spine* 18:1199-1205.
- Balague F, Nordin M, Dutoit G ja Waldburger M (1996): Primary prevention, education, and low back pain among school children. *Bull Hosp Jt Dis* 55:130-134.
- Barr KP (2007): Review of upper and lower extremity musculoskeletal pain problems. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 18:747-760.
- Bendix T, Krohn L, Jessen F ja Aarås A (1985): Trunk posture and trapezius muscle load while working in standing, supported-standing, and sitting positions. *Spine* 10(5):433-439.
- Beunen GP, Malina RM, Van't Hof MA, Simons J, Ostry M, Renson R ja Van Gerven D (1988): Adolescent growth and motor performance. A longitudinal study of Belgian boys. Champaign, IL: Human Kinetics, 721.

- Bogduk N ja Barnsley L (1999): Back pain and neck pain: An evidence – based update. Pain 1999 – An updated review. Refresher course syllabus, IASP refresher courses on pain management held in conjunction with the 9th World Congress on Pain, Vienna Austria.
- Borg G (1998): Borg’s perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, USA.
- Brauer C, Thomsen JF, Loft IP ja Mikkelsen S (2003): Can we rely on retrospective pain assessments? Am J Epidemiol 157(6):552-557.
- Braun BL ja Amundson LR (1989): Quantative assessment of head and shoulder posture. Arch Phys Med Rehabil 70:322-329.
- Bruynel L ja McEwan Stotter GM (1985): Anthropometric data of students in relation to their school furniture. N Z J Physiother 13:7-11.
- Cailliet R (1981): Low back pain syndrome 1-78. F.A. Davis Company, Philadelphia.
- Callaghan JTP ja Mc GILL SM (2001): Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. Ergonomics 44:280-294.
- Cardon G, De Clercq D ja De Bourdeaudhuij I (2002): Back education efficacy in elementary schoolchildren: a one-year follow-up study. Spine 27:299-305.
- Cardon G, De Clercq D, De Bourdeaudhuij I ja Breithecker D (2004): Sitting habits in elementary schoolchildren: a traditional versus a “Moving school”. Patient Educ Couns 54:133-142.
- Cedercreutz G (2001): Selkä. Teoksessa: Työfysioterapia. Yhteistyötä työ- ja toimintakyvyn hyväksi, s.132-146. Toim. R. Kukkonen, H. Hanhinen, R. Ketola, T. Luopajarvi, L. Noronen ja P. Helminen. Työterveyslaitos, Helsinki. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Chaffin DB, Andersson GBJ ja Martin BJ (1999): Sitting postures and the spine, s. 373-375. Teoksessa: Occupational biomechanics. Third edition. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Collins SL, Moore RA ja McQuay HJ (1997): The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimeters? Pain 72:95-97.

- Currie C, Hurrelmann K, Settertobulte W, Smith R ja Todd J (toim.) (2000): Health and Health Behaviour among Young People. Health behaviour in school-aged children: a WHO Cross-National Study (HBSC) International Report. Copenhagen, Denmark.
- Dahlström S, Viikari J, Åkerblom H, Uhari M, Dahl M, Lähde P-L, Pesonen E, Suominen P ja Pietikäinen M (1982): Leikki- ja kouluikäisten pituus, paino ja ihopoimujen paksuus. *Duodecim* 98: 1257-1263.
- Darnell MW (1983): A proposed chronology of events for forward head posture. *J Craniomand Pract* 1:50-54.
- Domljan D, Grbac I ja Hadina J (2008): Classroom furniture design – Correlation of pupil and chair dimensions. *Coll Antropol.* 32(1):257-265.
- Ehrmann-Feldman D, Shrier I, Rossignol M ja Abenhaim L (2001): Risk factors for the development of low back pain in adolescence. *Am J Epidemiol* 154(1):30-36.
- Eich E, Reeves JL, Jaeger B ja Graff-Radford SB (1985): Memory for pain: relation between past and present pain intensity. *Pain* 23: 375-379.
- Fairbank JCT, Pynsent PB, van Poortvliet JA ja Phillips H (1984): Influence of anthropometric factors and joint laxity in the incidence of adolescent back pain. *Spine* 9(5):461-464.
- Feine JS, Lavigne GJ, Dao TTT, Morin C ja Lund JP (1998): Memories of chronic pain and perceptions of relief. *Pain* 77:137-141.
- Gouvali MK ja Boudolos K (2006): Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Appl Ergon* 37:765-773.
- Hakala P, Rimpelä A., Salminen JJ, Virtanen S ja Rimpelä M (2002): Back, neck, and shoulder pain in adolescents: national cross sectional surveys. *BMJ* 325:743-745.
- Harms-Ringdahl K, Ekholm J, Schüldt K, Németh G ja Arborelius UP (1986): Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics* 29(12):1539-1552.
- Harreby M, Neergaard K, Hesselsoe G ja Kjer J (1995): Are radiologic changes in the thoracic and lumbar spine of adolescents risk factors for low back pain in adults?: A 25-year prospective cohort study of 640 school children. *Spine* 20(21):2298-2302.

- Harreby M, Nygaard B, Jessen T, Larsen E, Storr-Paulsen A, Lindahl A, Fisker I ja Lægaard E (1999): Risk factors for low back pain in a cohort of 1389 Danish school children: an epidemiologic study. *Eur Spine J* 8:444-450.
- Haselgrove C, Straker L, Smith A, O'Sullivan P, Perry M ja Sloan N (2008): Perceived school bag load, duration of carriage, and method of transport to school are associated with spinal pain in adolescents: an observational study. *Aust J Physiother* 54:193-200.
- Hernberg S (1987): *Epidemiologia ja työterveys*. Työterveyslaitos, Helsinki.
- Hedman T ja Fernie G (1997): Mechanical response of the lumbar spine to seated postural loads. *Spine* 22(7): 734-743.
- Horst M ja Brinckmann P (1981): Measurement of the distribution of axial stress on the end-plate of the vertebral body. *Spine* 6(3):217-232.
- Hunfeld JAM, Den Deurwaarder ESG, Van Der Wouden JC, Van Suijlekom-Smit LWA ja Hazebroek-Kampschreur AAJM. (1997): Measuring chronic pain in children, an exploration. *Percept Mot Skills* 84:1176-1178.
- Hunfeld JAM, Passchier J, Perquin CW, Hazebroek-Kampschreur AAJM, van Suijlekom-Smit LWA, van der Wouden JC (2001): Quality of life in adolescents with chronic pain in the head or at other locations. *Cephalalgia* 21:201-206.
- Kaila-Kangas L (2006): Socioeconomic status, occupational factors and lifestyle as predictors of hospitalisation for back disorders. *People and Work Research Reports* 73. Finnish Institute of Occupational Health. University of Helsinki.
- Karhu O, Kansi P ja Kuorinka I (1977): Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Appl Ergon* 8:199-201.
- Karvonen MJ, Koskela A ja Noro L (1962): Preliminary report on the sitting postures of school children. *Ergonomics* 5(3):471-477.
- Keegan J (1953): Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *J Bone Joint Surg* 35-A:589-603.
- Kelly A-M (2001): The minimum clinically significant difference in visual analogue scale pain score does not differ with severity of pain. *Emerg Med J* 18:205-207.

- Ketola R (2001): Yläraajojen toistotyö. Teoksessa: Työfysioterapia. Yhteistyötä työ- ja toimintakyvyn hyväksi, s.153-157. Toim. R. Kukkonen, H. Hanhinen, R. Ketola, T. Luopajarvi, L. Noronen ja P. Helminen. Työterveyslaitos, Helsinki. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Ketola R, Toivonen R, Häkkänen M, Luukkonen R, Takala E-P ja Viikari-Juntura E (2002): Effects of ergonomic intervention in work with video display units. *Scan J Work Environ Health* 28:18-24.
- Ketola R (2003): Physical work load as a risk factor for symptoms in the neck and upper limbs: Exposure assessment and ergonomic intervention. Kuopion yliopiston julkaisu D. Lääketiede 311, Kuopio.
- Knight G ja Noyes J (1999): Children's behaviour and the design of school furniture. *Ergonomics* 42(5):747-760.
- Koivusilta L (2000): Health-related selection into educational tracks. A mechanism producing socio-economic health differences. Turun yliopiston julkaisu, sarja D, osa 392, Turku.
- Koskelo R (2006): Säädettyjen kalusteiden vaikutukset tuki- ja liikuntaelimestön terveyteen lukiolaisilla. Kuopion yliopiston julkaisu D. Lääketiede 394, Kuopio.
- Koskeniemi M ja Saarinen T (1956): Koulu ja terveys, s. 31-49. Otava, Helsinki.
- Kujala UM, Salminen JJ, Taimela S, Oksanen A ja Jaakkola L (1992): Subject characteristics and low back pain in young athletes and nonathletes. *Med Sci Sports Exerc* 24(6):627-632.
- Kujala UM, Taimela S, Salminen JJ ja Oksanen A (1994): Baseline anthropometry, flexibility and strength characteristics and future low-back pain in adolescent athletes and nonathletes. A prospective one-year follow-up study. *Scand J Med Sci Sports* 4:200-205.
- Kukkonen R ja Takala E-P (2001): Niska-hartiaseutu. Teoksessa: Työfysioterapia. Yhteistyötä työ- ja toimintakyvyn hyväksi, s.147-152. Toim. R. Kukkonen, H. Hanhinen, R. Ketola, T. Luopajarvi, L. Noronen ja P. Helminen. Työterveyslaitos, Helsinki. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Kumar S ja Mital A (1992): Margin of safety for the human back: a probable consensus based on published studies. *Ergonomics* 35(7/8): 769-781.

- Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom Å, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G ja Jørgensen K (1987): Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon* 18(3): 233-237.
- Laimi K (2007): Neck pain in adolescent headache sufferers. A cohort study of schoolchildren. *Turun yliopiston julkaisuja, sarja D, osa 757. Painosalama Oy, Turku.*
- Lamb KL (1995): Children's ratings of effort during cycle ergometry: An examination of the validity of two effort rating scales. *Pediatr Exerc Sci* 7:407-421.
- Legg SJ, Pajo K, Marfell-Jones M ja Sullman M (2003): Mismatch between classroom furniture dimensions and student anthropometric characteristics in three New Zealand secondary schools, *Proceedings of the International Ergonomics Association XVth Triennial Congress, Seoul, Korea*, 6:395-397.
- Lindqvist C, Signell N ja Wasz-Höckert O (1962): Synpunkter på hållningsfel hos barn. *Finska Läkaresällskapet Handlingar* 106:146-157.
- Linton SJ ja Melin L (1982): The accuracy of remembering chronic pain. *Pain* 13:281-285.
- Linton S, Hellsing A-L, Halme T ja Åkerstedt K (1994). The effects of ergonomically designed school workstation on pupils' attitudes, symptoms and behaviour. *Appl Ergon* 25:299-304.
- Loebl WY (1967): Measurement of spinal posture and range of spinal movement. *Ann Phys Med* IX(3): 103-110.
- Lohman TG, Roche AF ja Martorell R (1988): *Anthropometric Standardisation Reference Manual*. Human Kinetics Books: Champaign, Illinois, s. 3.
- Lojander W (1927): Tutkimuksia Helsingin oppikoulujen oppilaista. *Duodecim* 43(5):508-529.
- Mac-Thiong J-M, Berthounaud E, Dimar JR, Betz RR ja Labelle H (2004): Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine* 29(15):1642-1647.
- Mandal AC (1982): The correct height of school furniture. *Human Factors* 24:257-269.

- Marchall M, Harrington AC ja Steele JR (1995): Effect of work station design on sitting posture in young children. *Ergonomics* 38:1932-1940.
- Marinov B, Mandadjieva S ja Kostianev S (2007): Pictorial and verbal category-ratio scales for effort estimation in children. *Child: care, health and development* 34(1):35-43.
- Mellin G (1986): Measurement of thoracolumbar posture and mobility with a Myrin inclinometer. *Spine* 11(7):759-762.
- Mellin G, Härkönen H ja Poussa M (1988): Spinal mobility and posture and their correlations with growth velocity in structurally normal boys and girls aged 13 to 14. *Spine* 13(2):152-154.
- Mense S, Simons DG ja Russell IJ (2001): *Muscle pain: understanding its nature, diagnosis, and treatment*. Lippincott Williams & Wilkins, USA.
- Merskey H (1986): Classification of chronic pain: descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms. *Pain Suppl* 3:S217.
- Merskey H ja Bogduk N (1994): Classification of chronic pain. Descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms. 2nd edition. IASP press, Seattle.
- Milanese S ja Grimmer K (2004): School furniture and the user population: an anthropometric perspective. *Ergonomics* 47(4): 416-426.
- Mikkelsson M (1998): Musculoskeletal pain and fibromyalgia in preadolescents. Prospective 1-year follow-up study. Turun yliopiston julkaisuja, sarja D, osa 320. Painosalama Oy, Turku.
- Murphy S, Buckle P ja Stubbs D (2002): The use of the portable ergonomic observation method (PEO) to monitor the sitting posture of schoolchildren in the classroom. *Appl Ergon* 33:365-370.
- Murphy S, Buckle P ja Stubbs D (2003): Back pain amongst schoolchildren and associated risk factors, Proceedings of the International Ergonomics Association XVth Triennial Congress, (Seoul).
- Murphy S, Buckle P ja Stubbs D (2004): Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren. *Appl Ergon* 35:113-120.



- Nikku R (1999): Selkärangan kasvu ja harjoittelu. Teoksessa: Liikkuva lapsi ja nuori, s. 19-25. Toim. P. Miettinen. Gummerus, Jyväskylä.
- Nissinen M (1996): The growth of the adolescent back. A three-year cohort study focused on scoliosis, trunk asymmetry, spinal posture and anthropometry. Publications of the National Public Health Institute A 17. Hakapaino Oy, Helsinki.
- Norris B ja Wilson JR (1995): Childata – The handbook of child measurements and capabilities – Data for design safety. Department of Trade and Industry, UK.
- Nupponen H (1997): 9-16 -vuotiaiden liikunnallinen kehittyminen. LIKES -Research Reports on Sport and Health 106.
- Nygård C-H (1988): Work and musculoskeletal capacity. A field and laboratory study of 44- to 62-year-old woman and men. Kuopion yliopiston julkaisuja. Lääketiede, alkuperäistutkimukset 17/1988, Kuopio.
- Panagiotopoulou G, Christoulas K, Papanckolaou A ja Mandroukas K (2004): Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. *Appl Ergon* 35:121-128.
- Parcells C, Stommel M ja Hubbard RP (1999): Mismatch of classroom furniture and student body dimensions. *J Adolesc Health* 24:265-273.
- Perheentupa J ja Kantero R-L (1973): Murrosiän somaattinen kehitys ja sen variaatiot. *Duodecim* 89:716-725.
- Pinheiro JC ja Bates DM (2000): *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. New York: Springer-Verlag, USA.
- Poussa MS, Heliövaara MM, Seitsamo JT, Könönen MH, Hurmerinta KA ja Nissinen MJ (2005): Predictors of neck pain: a cohort study of children followed up from the age of 11 to 22 years. *Eur Spine J* 14:1033-1036.
- Revill SI, Robinson JO, Rosen M ja Hogg MIJ (1976): The reliability of a linear analogue for evaluating pain. *Anaesthesia* 31:1191-1198.
- Rimpelä A, Rainio S, Pere L, Saarni L, Kautiainen S, Kaltiala-Heino R, Lintonen T ja Rimpelä M (2004): Suomalaisten nuorten terveys 1977-2003. *Suomen lääkirilehti* 44(59):4229-4235.

- Rimpelä M, Rimpelä A, Vikat A, Hermanson E, Kaltiala-Heino R, Kosunen E ja Savolainen A (1997): Miten nuorten terveys on muuttunut 20 vuoden kuluessa? *Suomen lääkirilehti* 24(52):2705-2712.
- Roaf R (1960): Vertebral growth and its mechanical control. *J Bone Joint Surg* 42B(1):40-59.
- Roiha H (2004): Wirbelsäulenform und -beweglichkeit im Schulalter. Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München.
- Ruotsalainen A (1934): Suomalaisten kansakoululasten pituus- ja painosuhteista. *Duodecim* 50(10):944-964.
- Rutenfranz J (1985): Arbeitsphysiologie. Teoksessa: Arbeitsphysiologie und Arbeitshygiene. Grundlagen für Prävention und Begutachtung, s. 22-144. Toim. Valentin H, Lehnert G, Petry H, Rutenfranz J, Stalder K, Wittgens H ja Weitowitz H-J, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- Salisbury PJ ja Porter RW (1987): Measurement of lumbar sagittal mobility. A comparison of methods. *Spine* 12(2):190-193.
- Salminen J (1984): The adolescent back. A field survey of 370 Finnish schoolchildren. *Acta Paediatrica Scandinavica*, Supplement 315. Systeprint Oy, Helsinki.
- Salminen JJ, Erkinntalo (Tertti) M, Laine M ja Pentti J (1995): Low back pain in the young. A prospective three-year follow-up study of subjects with and without low back pain. *Spine* 20:2101-2108.
- Savola E ja Koskinen-Ollonqvist P (2005): Terveiden edistäminen esimerkein. Käsitteitä ja selityksiä. Terveiden edistämisen keskuksen julkaisuja -sarja 3/2005.
- Schüldt K, Ekholm J, Harms-Ringdahl K, Németh G ja Arborelius UP (1986): Effects of changes in sitting work posture on static neck and shoulder muscle activity. *Ergonomics* 29(12):1525-1537.
- Scudds RA (1983): Pain assessment. *Aust J Physiother* 29(3):96-102.
- Sheldon MR (1994): Lifting instruction to children in an elementary school. *JOSPT* 19(2):105-110.

- Shields BJ, Palermo TM, Powers JD, Grewe SD ja Smith GA (2003): Predictors of a child's ability to use a visual analogue scale. *Child: care, health and development* 29(4):281-290.
- Siivola S (2003): Neck and shoulder pain in a young population: prevalence and etiological factors. *Acta Universitatis Ouluensis, Medica, D* 743. Oulu University press, Oulu.
- Sjölie AN ja Ljunggren AE (2001): The significance of high lumbar mobility and low lumbar strength for current and future low back pain in adolescents. *Spine* 26(23):2629-2636.
- Sosiaali- ja terveystieteen tutkimus- ja kehittämiskeskus (Stakes) (2002): Kouluterveydenhuolto, Opas kouluterveydenhuollolle, peruskouluille ja kunnille, s. 77-76. Stakes oppaita 51.
- Sosiaali- ja terveystieteen tutkimus- ja kehittämiskeskus (Stakes) (1996, 2001, 2002, 2007, 2008): Kouluterveyskysely.  
<http://info.stakes.fi/NR/rdonlyres/357BAA4D-784B-4C81-96D2-1D2F284FE0D5/0/ktlomake1996.pdf>,  
<http://info.stakes.fi/kouluterveyskysely/FI/tulokset/taulukot2001/index.htm>,  
<http://info.stakes.fi/kouluterveyskysely/FI/tulokset/taulukot2002/index.htm>,  
<http://info.stakes.fi/kouluterveyskysely/FI/tulokset/taulukot2007/index.htm>,  
<http://info.stakes.fi/kouluterveyskysely/FI/tulokset/taulukot2008/index.htm>.  
(luettu 07.01.2009).
- Sosiaali- ja terveysministeriö (STM) (2001): Valtioneuvoston periaatepäätös Terveys 2015 -kansanterveysohjelmasta. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 4, Helsinki.
- Spagrud LJ, Piira T ja von Bayer CL (2003): Children's self-report of pain intensity. *AJN* 103(12): 62-64.
- Steele S, Grimmer K, Williams M ja Gill T (2001): Vertical anthropometric measures and low back pain in adolescents. *Physiother Res Int* 6(2):94-105.
- Sulander J ja Romppanen V (2007): Hyvinvointi koulutyössä ja opiskelussa - Opiskelijoiden hyvinvointia kartoittavan työkalun kehittäminen, s. 36-38. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 26, Työterveyslaitos 2007. Yliopistopaino, Helsinki.

- Suomen Tilastollinen Vuosikirja (STV) (1940): Eri ikäluokkien keskipituus ja -paino, s. 87. Uusi sarja – XXXVIII – vuonna 1940. Tilastollinen päätoimisto, Valtioneuvoston kirjapaino, Helsinki, 1941.
- Suomen Ergonomiayhdistys (ERY) (2008): Ergonomian määritelmä. [http://www.ergonomiayhdistys.fi/ergonomia\\_maaritelma.html](http://www.ergonomiayhdistys.fi/ergonomia_maaritelma.html). (luettu 29.8.2008).
- Suomen kivuntutkimusyhdystys (2008): Mitä kipu on? Perustietoa kivusta kaikille. [http://www.suomenkivuntutkimusyhdystys.fi/default.asp?PageID=P03&PPI\\_ID=1](http://www.suomenkivuntutkimusyhdystys.fi/default.asp?PageID=P03&PPI_ID=1) (luettu 14.10.2008).
- Suomen Standardisoimisliitto (SFS) (2001): Standardi SFS-ENV 1729-1: Kalusteet. Oppilaitosten tuolit ja pöydät. Osa 1: toiminnalliset mitat. Vahvistettu 29.06.2001.
- Suomen TULE ry (2007): Kansallinen TULE -ohjelma. <http://www.suomentule.fi/KTO.pdf> (luettu 07.01.2009).
- Szeto GPY, Straker L ja Raine S (2002): A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers. *Appl Ergon* 33(1):75-84.
- Takala E-P (1993): Miksi niskaa ja hartioita kolottaa. *Suomen lääkirilehti* 10(48):896-900.
- Tilastokeskus (2008): Ajankäyttötutkimus, kulttuuri ja viestintä. TV:n katselu <http://pxweb2.stat.fi/Dialog/Saveshow.asp>. ja ATK -harrastus <http://pxweb2.stat.fi/Dialog/Saveshow.asp>. (luettu 29.12.2008).
- Todd KH (1996): Clinical versus statistical significance in the assessment of pain relief. *Ann Emerg Med* 27(4):439-441.
- Toppenberg RM ja Bullock MI (1986): The interrelation of spinal curves, pelvic tilt and muscle lengths in the adolescent female. *Aust J Physiother* 32(1):6-12.
- Troussier B, Tesniere C, Fauconnier J, Grison J, Juvin R ja Phelip X (1999): Comparative study of two different kinds of school furniture among children. *Ergonomics* 42(3):516-526.
- Tyler DC, Tu A, Douthit J ja Chapman RC (1993): Toward validation of pain measurement tools for children: a pilot study. *Pain* 52:301-309.

- Työterveyslaitos (1986): Työtilan mitoitus. *Ergonomia* -tiedote 4:2-10.
- Työturvallisuuslaki (2002):  
[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search\[type\]=pika&search\[pika\]=ty%C3%B6turvallisuuslaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search[type]=pika&search[pika]=ty%C3%B6turvallisuuslaki). (luettu 30.12.2008).
- Vedantam R, Lenke LG, Keeney JA ja Bridwell KH (1998): Comparison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults. *Spine* 23(2):211-215.
- Vergara M ja Page Á (2002): Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture. *Appl Ergon* 33:1-8.
- Vikat A, Rimpelä M, Salminen J, Rimpelä A, Savolainen A ja Virtanen S (2000): Neck or shoulder pain and low back pain in Finnish adolescents. *Scand J Public Health* 28:164-173.
- Virjo I, Virjo A, Mattila K ja Isokoski M (1995): Graphics tablet facilities use of Visual Analogue Scale. Abstract book, 14th WONCA World Conference, Hong Kong.
- Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C, Andersen LB, Froberg K ja Hansen HS (2001): Back pain reporting pattern in a Danish population-based sample of children and adolescents. *Spine* 26(17):1879-1883.
- Widhe T (2001): Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *Eur Spine J* 10:118-123.
- Willner S ja Johnson B (1983): Thoracic kyphosis and lumbar lordosis during the growth period in children. *Acta Paediatr Scand* 72:873-878.
- Wingrat JK ja Exner CE (2005): The impact of school furniture on fourth grade children's on-task and sitting behavior in the classroom: A pilot study. *Work* 25:263-272.





Tammerfors universitet

## SKOLERGONOMISTUDIEN

Namn :

---

**1. Kön**

- 1 pojke
- 2 flicka

**2. Längd \_\_\_\_\_ cm**

**3. Vikt \_\_\_\_\_ kg**

<b>SKOLARBETE</b>
-------------------

**4. Vad tycker du just nu om skolan? Inringa det lämpligaste svarsalternativet.**

- 1 mycket
- 2 ganska bra
- 3 inte särskilt bra
- 4 inte alls

**5. Vad anser du om mängden skolarbete under denna termin?**

- 1 hela tiden för mycket
- 2 ganska ofta för mycket
- 3 lämpligt
- 4 ganska ofta för litet arbete
- 5 hela tiden för litet arbete

**6. Vilket var ditt medeltal (alla ämnen) på senaste betyg?**

- |              |            |
|--------------|------------|
| 1 under 6.50 | 5 8.0-8.4  |
| 2 6.5-6.9    | 6 8.5-8.9  |
| 3 7.0-7.4    | 7 9.0-9.4  |
| 4 7.5-7.9    | 8 9.5-10.0 |

**7. Hur många hela dagar har du varit borta från skolan på grund av sjukdom under de senaste 30 dagarna?**

- 1 ingen
- 2 en dag
- 3 2-3 dagar
- 4 mer än 3 dagar



**8. Läs noga de följande påståendena. Inringa för varje påstående det svarsalternativ som bäst motsvarar din egen åsikt.**

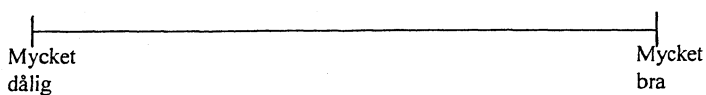
	Helt av samma åsikt	Av samma åsikt	Av annan åsikt	Helt av annan åsikt
Lärarna uppmuntrar mig att säga min egen åsikt under lektionerna	1	2	3	4
Lärarna är intresserade av hur det går för mig	1	2	3	4
Mina lärare förväntar sig för mycket av mig i skolan	1	2	3	4
Lärarna bemöter (behandlar) oss elever rättvist	1	2	3	4
Eleverna i min klass trivs bra tillsammans	1	2	3	4
Arbetsron i min klass är god	1	2	3	4
Elevernas åsikter beaktas i skolutvecklingsarbetet	1	2	3	4
Skolmåltiderna är avkopplande pauser	1	2	3	4

9. Stör följande saker skolarbetet? Besvara varje punkt.

	Inte alls	Ganska litet	Ganska mycket	Mycket
Trånga studieutrymmen	1	2	3	4
Buller, dålig akustik	1	2	3	4
Olämplig belysning	1	2	3	4
Dålig ventilation eller inneluft	1	2	3	4
Temperaturen (värme, kyla, drag)	1	2	3	4
Smuts, damm	1	2	3	4
Obekväma arbetsstolar eller –bord (pulpeter)	1	2	3	4
Orolig arbetsmiljö	1	2	3	4
Brådska	1	2	3	4
Andra omständigheter	1	2	3	4

10. Vad tycker du om din nuvarande pulpet? Drag ett lodrätt streck | (bara ett) på det stället av linjen som bäst motsvarar vad du tycker.

Min pulpet är:



**11. Vad är bra med din pulpet?**

---

---

---

**12. Vad är dåligt med din pulpet?**

---

---

---

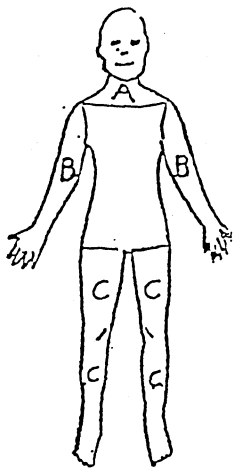
<b>HÄLSA</b>
--------------

**13. Vad anser du om ditt eget hälsotillstånd?**

- 1 synnerligen gott
- 2 ganska gott
- 3 medelmåttigt
- 4 ganska eller mycket dåligt

14. Har du under det senaste halvåret haft något av följande besvär (smärta, värk eller obehag) ?

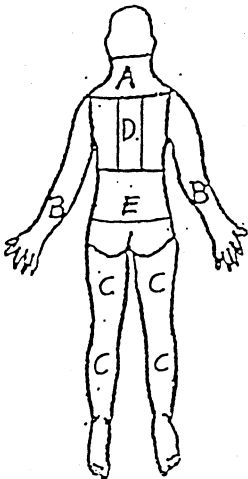
Drag ett lodrätt streck | (bara ett) på det stället av linjen som bäst motsvarar dina känningar i varje kroppsdel (se figurerna) under det senaste halvåret.



Ont i nacken/skuldrorna (A) |-----|  
 inte alls |-----| väldigt mycket

Ont i armarna (B) |-----|  
 inte alls |-----| väldigt mycket

Ont i benen (C) |-----|  
 inte alls |-----| väldigt mycket

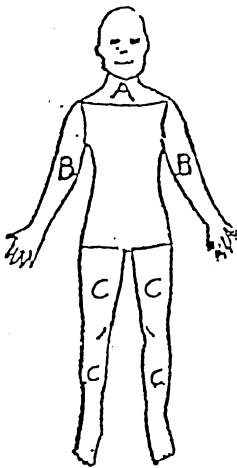


Ont i bröstryggen (D) |-----|  
 inte alls |-----| väldigt mycket

Ont i ländryggen (korsryggen) (E) |-----|  
 inte alls |-----| väldigt mycket

15. Har du just nu något av följande besvär (smärta, värk eller obehag) ?

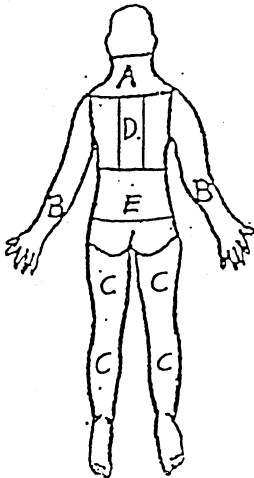
Drag ett lodrätt streck | (bara ett) på det stället av linjen som bäst motsvarar dina känningar i varje kroppsdel (se figurerna) just nu.



Ont i nacken/skuldrorna (A) |-----|  
inte alls |-----| väldigt mycket

Ont i armarna (B) |-----|  
inte alls |-----| väldigt mycket

Ont i benen (C) |-----|  
inte alls |-----| väldigt mycket



Ont i bröstryggen (D) |-----|  
inte alls |-----| väldigt mycket

Ont i ländryggen (korsryggen) (E) |-----|  
inte alls |-----| väldigt mycket

16. Hur ansträngd (trött) känner du dig just nu i följande kroppsdelar (se figurerna)?

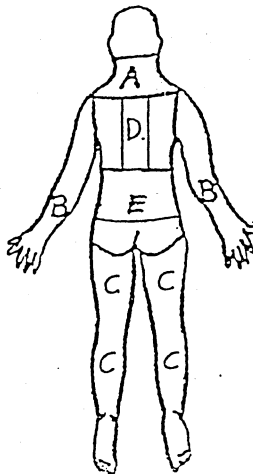
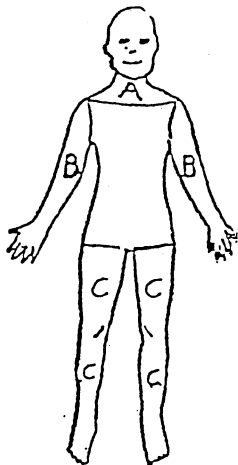
Besvara frågorna för varje kroppsdel genom att skriva in det nummer som bäst motsvarar det hur du känner dig just nu. Använd något av numren på skalan här nedan.

Besvara varje fråga

- A Nacke/skuldror \_\_\_\_\_  
B Armar \_\_\_\_\_  
C Ben \_\_\_\_\_  
D Bröstrygg \_\_\_\_\_  
E Ländrygg (korsrygg) \_\_\_\_\_

Använd denna skala

- 0 inte alls  
0.5 extremt litet (knappt kännbart)  
1 mycket svagt (mycket lätt)  
2 svagt (lätt)  
3 måttligt  
4  
5 starkt (kraftigt)  
6  
7 mycket starkt  
8  
9  
10 extremt starkt (maximalt)



17. Har du en av läkare konstaterad långvarig sjukdom, störning eller ett men som försvårar ditt dagliga arbete?

1 nej

2 ja

18. Använder du fortlöpande eller nästan fortlöpande någon medicin som ordinerats av läkare?

1 nej

2 ja

19. Har du under den senaste månaden använt värkmedicin?

1 nej

2 ja

20. Har du under det senaste halvåret haft något av följande symptom?  
Inringa endast ett alternativ på varje rad.

	Sällan eller aldrig	Cirka en gång i månaden	Cirka en en gång i veckan	Nästan varje dag
Ont i magen	1	2	3	4
Spänning eller nervositet	1	2	3	4
Irritation eller vredesutbrott (raseriutbrott)	1	2	3	4
Insomningssvårigheter eller uppvaknande om nätterna	1	2	3	4
Huvudvärk	1	2	3	4
Trötthet eller svaghet	1	2	3	4

## TRÖTTHET

### 21. Har du känt dig trött på dagtid under den senaste månaden?

- 1 aldrig
- 2 mindre än en gång i veckan
- 3 1-2 dagar i veckan
- 4 3-5 dagar i veckan
- 5 dagligen eller nästan dagligen

### 22. Är din läggdagstid vanligen regelbunden?

- 1 mycket regelbunden
- 2 ganska regelbunden
- 3 ganska oregelbunden
- 4 mycket oregelbunden

### 23. När går du vanligtvis och lägger dig under skoldagarna?

- 1 ungefär kl 21 eller tidigare
- 2 ungefär 21.30
- 3 ungefär 22
- 4 ungefär 22.30
- 5 ungefär 23
- 6 ungefär 23.30
- 7 ungefär 24
- 8 ungefär 00.30 eller senare



**24. När vaknar du vanligtvis under skoldagarna?**

- 1 ungefär kl 6 eller tidigare
- 2 ungefär 6.30
- 3 ungefär 7
- 4 ungefär 7.30
- 5 ungefär 8
- 6 ungefär 8.30 eller senare

<b>IDROTT OCH MOTION</b>
--------------------------

**25. Hur ofta under din fritid ägnar du dig åt idrott eller motion minst en halv timme per gång?**

- 1 flera gånger om dagen
- 2 ungefär en gång om dagen
- 3 4-6 gånger per vecka
- 4 2-3 gånger per vecka
- 5 en gång per vecka
- 6 mera sällan
- 7 aldrig

**26. Hur många timmar i veckan under din fritid brukar du i vanliga fall träna så att du blir anfädd och svettig?**

- 1 inte alls
- 2 cirka en ½ timme
- 3 cirka 1 timme
- 4 cirka 2-3 timmar
- 5 cirka 4-6 timmar
- 6 cirka 7 timmar eller mera

27. Vilka av följande idrottsgrenar brukar du utöva under din fritid ?

	Varje dag	1-3 gånger i veckan	Cirka en gång i månaden	Aldrig
Badminton	4	3	2	1
Balet	4	3	2	1
Basketboll	4	3	2	1
Cykling	4	3	2	1
Dans, folkdans	4	3	2	1
Fotboll	4	3	2	1
Friidrott	4	3	2	1
Gymnastik	4	3	2	1
Innebandy	4	3	2	1
Ishockey	4	3	2	1
Jogging	4	3	2	1
Karate	4	3	2	1
Judo	4	3	2	1
Konditionsträning i konditionssal	4	3	2	1
Konståkning	4	3	2	1
Promenader	4	3	2	1
Ridning	4	3	2	1
Simning	4	3	2	1
Skateboarding	4	3	2	1
Slalom	4	3	2	1
Snowboarding	4	3	2	1
Tennis	4	3	2	1
Volleyboll	4	3	2	1
Åka skidor	4	3	2	1
Något annat, vad?	4	3	2	1

## FRITID OCH DATOR

**28. Hur ofta tittar du på TV eller video på vardagarna?**

- 1 I medeltal \_\_\_\_\_ timmar/dag
- 2 Då och då, men inte dagligen
- 3 Inte alls

**29. Hur ofta tittar du på TV eller video på veckosluten?**

- 1 I medeltal \_\_\_\_\_ timmar/dag
- 2 Då och då, men inte dagligen
- 3 Inte alls

**30. Hur ofta spelar du dator-, TV- eller konsolspel (PlayStation t.ex.) på vardagarna?**

- 1 I medeltal \_\_\_\_\_ timmar/dag
- 2 Då och då, men inte dagligen
- 3 Inte alls

**31. Hur ofta spelar du dator-, TV- eller konsolspel (PlayStation t.ex.) på veckosluten?**

- 1 I medeltal \_\_\_\_\_ timmar/dag
- 2 Då och då, men inte dagligen
- 3 Inte alls

**32. Hur ofta använder du dator till e-post, skrivning, informationssökning osv. på vardagarna?**

- 1 I medeltal \_\_\_\_\_ timmar/dag
- 2 Då och då men inte dagligen
- 3 Inte alls

**33. Hur ofta använder du dator för e-post, skrivning, informationssökning osv. på veckosluten?**

- 1 I medeltal \_\_\_\_\_ timmar/dag
- 2 Då och då men inte dagligen
- 3 Inte alls

**34. Har du en dator hemma ?**

- 1 Ja, med Internetanknytning
- 2 Ja, utan Internet
- 3 Nej

**35. Hur många timmar i medeltal använder du dator i veckan?**

--	--

timmar i veckan

**36. Hur många timmar i medeltal använder du Internet i veckan?**

--	--

timmar i veckan

**37. Att använda dator kan förorsaka besvär (smärta, värk, obekväma känsla). Har du haft sådana besvär när du använt dator? Inringa ett svarsalternativ på varje rad.**

	Sällan eller aldrig	Cirka en gång i månaden	Cirka en gång i veckan	Nästan varje dag
I nacke/ skuldror	1	2	3	4
I händer, fingrar, handleder	1	2	3	4
I ländryggen (korsryggen)	1	2	3	4
I huvudet	1	2	3	4
I ögonen	1	2	3	4

**TACK FÖR DINA SVAR !**

Namn: \_\_\_\_\_

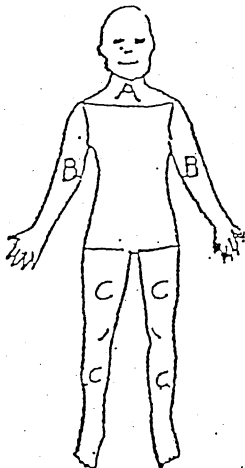
Datum: \_\_\_\_.

Tid: \_\_\_\_\_

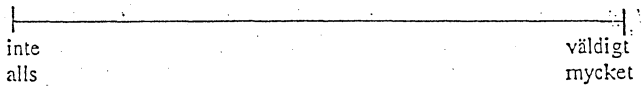
Klass: \_\_\_\_\_

Har du just nu något av följande besvär (smärta, värk eller obehag)?

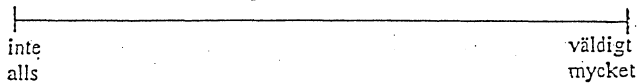
Drag ett lodrätt streck | (bara ett) på det stället av linjen som bäst motsvarar dina känningar i varje kroppsdel (se figurerna).



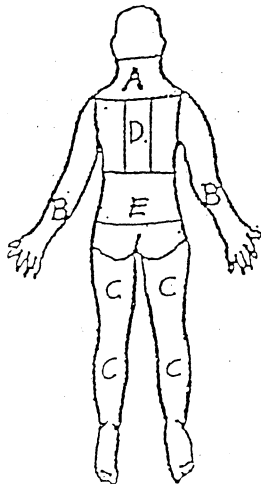
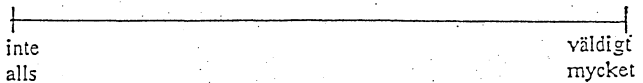
Ont i nacken/skuldrorna (A)



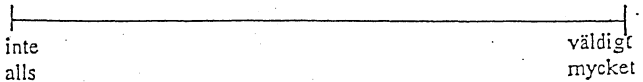
Ont i armarna (B)



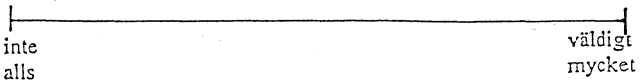
Ont i benen (C)



Ont i bröstryggen (D)



Ont i ländryggen (korsryggen) (E)



Hur ansträngd (trött) känner du dig just nu i följande kroppsdelar (se figurerna)?

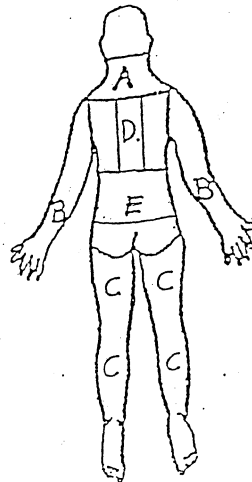
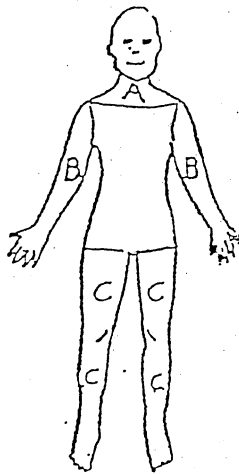
Besvara frågorna för varje kroppsdel genom att skriva in det nummer som bäst motsvarar det hur du känner dig just nu. Använd något av numren på skalan här nedan.

Besvara varje fråga

- A Nacke/skuldror \_\_\_\_\_
- B Armar \_\_\_\_\_
- C Ben \_\_\_\_\_
- D Bröstrygg \_\_\_\_\_
- E Ländrygg (korsrygg) \_\_\_\_\_

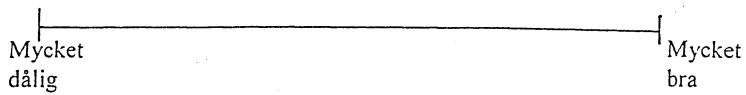
Använd denna skala

- 0 inte alls  
0.5 extremt litet (knappt kännbart)  
1 mycket svagt (mycket lätt)  
2 svagt (lätt)  
3 måttligt  
4  
5 starkt (kraftigt)  
6  
7 mycket starkt  
8  
9  
10 extremt starkt (maximalt)



- Vad tycker du om din nuvarande pulpet? Drag ett lodrätt streck | (bara ett) på det stället av linjen som bäst motsvarar vad du tycker.

Min pulpet är:



- Vad är bra med din pulpet?

---

---

---

- Vad är dåligt med din pulpet?

---

---

---





ALKUPERÄISJULKAISUT

## Are the desks and chairs at school appropriate?

LEA SAARNI\*‡, CLAS-HÅKAN NYGÅRD‡, ANNELI KAUKIAINEN§ and  
ARJA RIMPELÄ‡

‡Tampere School of Public Health, FIN-33014 University of Tampere, Finland

§Finnish Institute of Occupational Health, Tampere, FIN-33101 Tampere, Finland

2 July 2007

\*Corresponding author: Tampere School of Public Health, FIN-33014 University of  
Tampere, Finland. Tel: +358-3-3551 6172; fax. +358-3-3551 6057. E-mail address:  
lea.saarni@uta.fi

## **Abstract**

The aim of the study was to find out how the measures of chairs and desks match with the anthropometrics of schoolchildren and how schoolchildren sit during a lesson in their classroom. This paper reports the baseline measurements of an intervention study. Participants of this study were 6<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> grade (12 and 14 year old) schoolchildren from two comprehensive schools in Finland (N=101, 57 girls and 44 boys). The main outcome measures were the differences between desk height and elbow-floor height, and chair height and popliteal height. Forty-three participants were randomized for sitting posture analysis by video recordings. The study showed that desks were on average 13 cm above elbow-floor height and chairs 2 cm below popliteal height. For 56% of time participants sat with their backs flexed  $>20^\circ$  and/or rotated  $>45^\circ$ . For 70% of time they sat with their necks flexed  $>20^\circ$  or rotated  $>45^\circ$ . The results indicate that there is a mismatch between school furniture and the anthropometrics of schoolchildren. Schoolchildren sit in disadvantaged posture for a substantial part of school lessons.

**Statement of relevance:** It is unclear how large a part inappropriate desks and chairs play in schoolchildren's sitting at poor postures. This study investigated whether schoolchildren have inappropriate workstations and if they sit in stooped or disadvantaged postures during lessons at school.

**Keywords:** schoolchildren, anthropometrics, sitting posture, desk, chair

## 1. Introduction

The appropriateness of school furniture has attracted wide interest during the last few years when research showed an increase in neck-shoulder pain (NSP) and low back pain (LBP) among teenagers (Currie *et al.* 2000, Hakala *et al.* 2002). A possible factor behind the increase could be sitting for extended periods in stooped, static or otherwise awkward postures at school, particularly when combined with increased sitting at computers, and a sedentary lifestyle in general.

Sitting posture as such, and stooped sitting posture in particular increases stress to spinal structures (Keegan 1953, Szeto *et al.* 2002, Vergara and Page 2002). The pressure on the lumbar intervertebral discs increases when the pelvis is rotated backward and the lumbar spine and torso are flexed (Keegan 1953, Andersson *et al.* 1974, Horst and Brinckmann 1981). Degeneration of the lower lumbar discs has been detected even among 15-year-old children, and children with disc degeneration or protrusion have LBP more frequently than those without (Salminen *et al.* 1995, Salminen *et al.* 1999). A longitudinal study of 24-26-year-olds showed that NSP is related to disc herniation of the cervical spine (Siivola *et al.* 2002). These results further emphasise the importance of good sitting postures at school.

Only few studies have concerned the appropriateness of school furniture and related it to schoolchildren's anthropometrics. A mismatch between measures of school furniture and anthropometrics has been reported in some studies together with a more disadvantaged sitting posture (more neck and back flexion and less hip angle) (Mandal 1982, Marschall *et al.* 1995, Murphy *et al.* 2003). Bruynel *et al.* (1985) reported that desks and chairs of schoolchildren aged 13-14 were too low in relation to their

anthropometrics, whereas Parcels *et al.* (1999), Legg *et al.* (2003), Panagiotopoulou *et al.* (2004) and Gouvali and Boudolos (2006) claimed the contrary. It should be noted, however, that they used different criteria and the study populations differed by domicile, age and anthropometric dimensions. In the studies comparing ergonomic and traditional workstations (Linton *et al.* 1994, Aagaard-Hansen and Storr-Paulsen 1995, Marchall *et al.* 1995 and Troussier *et al.* 1999), children preferred the ergonomic workstation and described it as more comfortable than the traditional one. According to Mandal (1982), ergonomically designed and adjusted desks and chairs at school had a significant effect on schoolchildren's sitting posture when working, while Linton *et al.* (1994) gave a contradictory report. Mandal (1982) emphasised that more attention should be paid to chair height and design in order to reach more upright postures of schoolchildren while sitting. The stress on the back could be reduced by sitting in a more upright posture and allowing for variation in postures and loads. Likewise, the use of armrests supports the weight of the arms thereby reducing disc pressure in the spine when working at a desk (Schüldt *et al.* 1986, Chaffin and Andersson 1991). Among adults, ergonomic workstation modifications and adjustments improved the postures of neck and upper back area while working in a sitting posture (Ketola *et al.* 2002).

Some studies have dealt with musculoskeletal symptoms and school furniture. Ergonomically designed chairs, like a curved seat, widening the angle between trunk and thigh and enhancing the lordotic curve, have reduced schoolchildren's musculoskeletal symptoms (Linton *et al.* 1994). In contrast, however, Troussier *et al.* (1999) compared two designs of desks and chairs among schoolchildren and found no difference in the prevalence of low back pain.

This paper is based on the baseline measurements of an intervention study. Its purpose is to study how conventional desks and chairs at school match with the anthropometrics of children and whether children sit in appropriate postures during lessons at school.

## **2. Methods**

### *2.1 Participants*

This study involved all 6<sup>th</sup> (age 12) and 8<sup>th</sup> (age 14) grade children of two Swedish speaking comprehensive schools in two Finnish cities. The total number of participants was 101 (57 girls and 44 boys). After written information to the parents, and both written and verbal information to the children and headmasters of the schools, written consent was obtained from parents, children and headmasters. The Ethics Committee of the Hospital District of Pirkanmaa approved the protocol.

### *2.2 Anthropometric measures*

Height was determined as the vertical distance from the floor to the top of the head, and measured with the participant standing without shoes, erect and looking straight ahead. The plastic measuring instrument was situated on the wall and the participant stood with his/her back against the measuring instrument. Sitting height was determined as the vertical distance from the surface of the chair to the top of the head, and measured with the participants seated erect on a standard chair with flat horizontal surface (the quality of which was the same in both schools) with knees bent 90° and the back against the measuring instrument. Participants who didn't reach exactly to the 90°

angle of the knees, elevated their heels slightly up and supported their legs on the balls of the foot so that their knee angle was  $90^{\circ}$ . Weight was measured with digital weighing scales. Height, weight and sitting height were taken individually in the school nurse's room by the first author, trained in physiotherapy. A plastic ruler, metal right angle, wooden measure board and digital scales were used.

Elbow height (seated) was the vertical distance from the participants' seated surface to the tip of the olecranon (under the elbow), and measured with arm at side ( $0^{\circ}$  of abduction) and elbow flexion of  $90^{\circ}$ . Elbow-floor height (seated) was the sum of elbow height and chair height. Popliteal height (seated, with shoes) was the vertical distance from the floor to the posterior surface of the knee (popliteal angle, underside of knee). Elbow height and popliteal height were measured in the participants' regular classroom during lesson on the left side of the body by the first and third authors. The participant sat at his/her usual desk and chair during measurements. The dimensions were taken with a plastic ruler, metal right angle and wooden measure board.

### *2.3 Measures of desks and chairs*

The desks and chairs were measured in the classrooms by the above-mentioned two researchers, while children sat at their usual chairs and desks. These dimensions were also taken using wooden and plastic rulers.

The desk height was the vertical distance from the floor to the top of the front edge of the desk, and the chair height was the vertical distance from the floor to the highest point on the rear end of the seat (almost all chairs were at the same level). These measures were used to define the differences between desk height and elbow-floor height



and between chair height and popliteal height. The differences were reported by using means and also the lowest and highest values of the optimal differences according to the standards and guidelines.

#### *2.4 Reference standards and guidelines*

No guidelines on those optimal differences exist for children. The guidelines were designed for adults' workplaces with different types of worksites. The optimal differences were based on guidelines for work in which support of the arms is needed, and also for sitting worksite.

Measures of desks and chairs obtained in our study were compared with the existing standard for heights of chairs and tables meant for educational institutions (SFS-ENV 1729-1). Also the guidelines of the Finnish Institute of Occupational Health (1986) given for the optimal difference between desks/chairs and anthropometric measures were used as a reference.

#### *2.5 Video recording and analysis*

Video recordings were carried out during lessons in participants' regular classroom by the first author, and the video analysis group was a random sample of the entire group (N=43, 21 girls and 22 boys). During these lessons they had mathematics, Swedish, other languages, religious education or history. Recordings took place either during morning or afternoon lessons. One video camera was set up sagittally towards the chosen participant, and a second video camera was placed in the front or back of the

classroom, diagonally towards the participant. The sagittal view camera covered the participant from thighs up to the top of the head. During the 45-minute lesson, recording focused on one schoolchild for an average of 37 minutes. The recording time varied on account of the participants' dynamic moving on and off the chair or of other children blocking the view.

Analysing children's working postures from video recordings is an appropriate quantitative method to evaluate loads on low back and neck-shoulder areas (Marschall *et al.* 1995, Murphy *et al.* 2002). The Ovako Working posture Analysing System (OWAS) is a tool used in posture analysis (Karhu *et al.* 1977). In this study, each videotape was analysed using the modified OWAS method. Observations of working postures were done at an interval of 15 seconds. The number of observations during one lesson (one child) was on average 134.

OWAS categories were modified to sitting postures at school as follows: back - straight, flexed, rotated, or flexed and rotated; upper limbs (arms) - neither supported, one supported, or both supported on desk; buttocks and lower limbs - buttocks resting on the rear of chair, front of chair, or standing or walking; neck - straight, flexed, or rotated. All postures were recorded in relation to an upright sitting posture. The neck and back positions were defined as flexed when flexion was  $>20^\circ$ , and rotated when rotation was  $>45^\circ$ .

## 2.6 Outcome measures

The difference between desk height and elbow-floor height was calculated by subtracting elbow-floor height from desk height. Likewise, the difference between chair

height and popliteal height was calculated by subtracting popliteal height from chair height. These results were reported in centimetres.

For analyses, back and neck postures were classified as straight or flexed and/or rotated and correspondingly, postures of arms neither supported on desk or one/both supported on desk. The percentage of flexed and/or rotated postures of all recorded sitting postures was calculated for each child. The same percentage calculation was performed on supported postures. These measures were used as an approximate of the sitting time in each posture during a lesson.

All data was entered into SPSS 11.0 for Windows spreadsheets and percentages of the detailed variables and the differences between furniture dimensions and anthropometrics were calculated.

### **3. Results**

The mean height of the participants (N=101) was 164.0 cm (SD 10.2). The boys were on average 5.7 cm taller than girls, 167.2 cm (SD 11.2), 161.5 cm (SD 8.7), respectively. The mean weight of the participants was 56.2 kg (SD 11.4), the boys were also heavier than the girls, 59.9 kg (SD 13.3), 53.4 kg (SD 8.8), respectively. The sitting height of the participants differed less between genders than height and weight; the mean sitting height was 85.2 cm (SD5.2), with boys 86.5 cm (SD 6.2) and girls 84.1 cm (SD 4.2).

Means and standard deviations in desk height and elbow-floor height are presented in table 1. Comparing desk height with the standard showed that the desks were on average five centimetres too high. The desk height was 12.8 cm above the elbow-floor

height on average. When compared to the guidelines on optimal difference, the desks were on average 6.8 cm too high (table 1). In the 6<sup>th</sup> grade the difference was on average 14.9 cm (SD 2.2) and in the 8<sup>th</sup> grade on average 10.9 cm (SD 4.8), hence the deviance from the optimal was on average 8.9 cm and 4.9 cm, respectively.

Means and standard deviations in chair height and popliteal height are presented in table 2. The comparison of chair height with the standard showed that the chairs were on average 2.5 centimetres too high. The chair height was 2.1 cm below the popliteal height on average. When compared to the guidelines on optimal difference, the chairs were on average 2.1 cm too low (table 2). In the 6<sup>th</sup> grade the difference was on average -1.1 cm (SD 2.0) and in the 8<sup>th</sup> grade on average -3.0 cm (SD 2.6), hence the deviance from the optimal was on average 1.1 cm and 3.0 cm, respectively.

Despite the overly large difference between desk height and elbow-floor height, schoolchildren sat in flexed and/or rotated posture more than half of the time during the lesson. In girls, the proportion of time sitting neck flexed or rotated was higher than in boys, but the proportion of time sitting in back flexed and/or rotated was more equal. For 34% of the time, schoolchildren sat in back and neck flexed and/or rotated posture while they supported arm/arms on the desk (table 3) (figure 1).

]

#### 4. Discussion

The present study indicates that the school furniture did not match up with the schoolchildren's anthropometric measures on average. The desks were too high and chairs too low when compared to the guidelines (Finnish Institute of Occupational Health 1986). Our findings also agreed with those of Parcels *et al.* (1999) in that desks were too high. Despite the results of difference measurements, schoolchildren sat more often in flexed than upright postures. This may partly be explained by the fact that conventional chairs do not allow to maintain optimal lumbar curvature (Bendix 1984, Bridger *et al.* 1989).

Studies have shown that sitting in a normal stenographic type of chair with no back support increases the flexed posture of the lumbar spine. Consequently, the compressive forces on the low back increase. In general, multiple different postures and cycles between them exist in the lumbar spine during sitting with the result that the motion appears to prevent static loads on the spine (Callaghan and McGill 2001). One of the objectives of sitting ergonomics is to promote erect sitting posture that reduces load on the intervertebral discs and other structures of the back to a minimum. Improper design and inappropriateness of desks and chairs lead to an imbalanced and more kyphotic posture of lumbar spine and require more muscle control to maintain the upright stability and sitting posture (Keegan 1953). Consequently, schoolchildren have more difficulties in maintaining this kind of balanced sitting posture if they have the wrong size and design of desks and chairs (Mandal 1981, Mandal 1982, Marschall *et al.* 1995).

Already in the early 1980s, Mandal (1981) discussed school furniture and its effect on the health of schoolchildren's backs, especially concerning tall schoolchildren. In the present study, too low and on average horizontal chairs may encourage flexed sitting posture. Schoolchildren sat with back and neck flexed and/or rotated for on average 41% of the time. Girls sat in this bad posture more often than boys.

In the schools where our study was conducted, some desks and chairs were adjustable and desks tiltable, but only rarely adjusted to the size of the child. Having desks and chairs with more adjustability does not call for greater numbers in furniture. Also, the adjustability already available should be taken better advantage of. In some other studies there have been attempts to upgrade the design of desks and chairs so that they could be more appropriate and more easily adjustable (de Wall *et al.* 1991, Aagaard-Hansen and Storr-Paulsen 1995, Marschall *et al.* 1995, Knight and Noyes 1999). However, very few have taken into account the anatomical structures in their pursuit of better sitting postures (Bendix *et al.* 1985, Linton *et al.* 1994).

When changing from a standing posture to an unsupported sitting posture on a conventional, low chair while doing some work at the desk, the pelvis rotates backwards, lumbar lordosis becomes more kyphotic, hips turn more flexed, and the cervical spine becomes more extended (Bendix *et al.* 1985). Moreover, the unsupported sitting posture is unstable without an external support (backrest) due to the fact that balance is maintained by the muscles of the hip joint and trunk. Armrests provide another important body stabiliser. Sitting with arms supported on desk is a posture allowing for stability while relieving trunk muscles from greater exertion. This kind of arm supported sitting posture at conventional desks also tends to draw head and shoulders forward into a

stooped, disadvantaged posture (Bendix *et al.* 1985, Zacharkow 1988). Regarding neck posture, the above findings were supported by our study.

The measures of differences between desk height and elbow-floor height, as well as between chair height and popliteal height are useful methods to show the appropriateness of desks and chairs to schoolchildren's anthropometrics. At the same time, however, the differences that exist in the optimal and standard heights for desks and chairs leave grounds for further dispute. The present study differed from most others in that the anthropometrics of the children were measured when they were using their own usual chair. Although we feel that our approach is in keeping with the general principle of ergonomic use of functional anthropometric measurements, we recognise that making measurements in this way may slightly over- or under-estimate 'standardised posture' measurements, particularly for elbow height. For popliteal height, this was partially addressed by requiring the children who didn't reach exactly to the 90° angle of the knees, to elevate their heels slightly and support their legs on the balls of the foot so that their knee angle was 90°.

Working posture analysing system (OWAS) is based on a simple and systematic classification of work postures combined with observations of work tasks. It gives information about the frequency of the postures and can be used in real time observations or in post-analyses of video recordings displaying postures at given time intervals. In analysing sitting postures by modified OWAS –method, information is available about the frequencies of the postures that can be used to estimate time spent in each posture. The method is not able to describe the dynamics of sitting, e.g. how long the person sits in each posture at a time (Murphy *et al.* 2002). However, frequencies at 15 seconds'

interval, as used in this study (on average 134 observations during one lesson), provide quite adequate information, and fail in only few observations, about the sitting postures of schoolchildren during one lesson at school.

Although our study included only two schools in two cities, it seems justifiable to generalise the results at least to most schools in Finland. In the School Health Promotion Study (SHPS, 1998-2001), about 30% of schoolchildren aged 14-17 years reported that inappropriate desks and chairs at school impede their schoolwork. Moreover, according to Salminen (1984), on average 59% of schoolchildren (11-17 years) reports present neck and/or back symptoms while sitting. The problems of inappropriate school furniture are general but probably still poorly recognised in schools and among the politicians who should allocate resources for new school furniture.

It remains unclear how large a part the inappropriate desks and chairs play in the case of schoolchildren sitting at poor postures and having more frequent back and neck pain. There is an urgent need for carefully designed studies and interventions focusing on schoolchildren's sitting postures, work at school, and back and neck symptoms in general (Trevelyan and Legg 2006).

## **Acknowledgements**

We express our gratitude to Mrs. Marja Vajaranta for revising the language.

The Academy of Finland (Health Promotion Research Programme) supported the study.



## References

- AAGAARD-HANSEN, J. and STORR-PAULSEN, A., 1995, A comparative study of three different kinds of school furniture, *Ergonomics*, **38**, 1025-1035.
- ANDERSSON, B.J.G., ÖRTENGREN, R., NACHEMSON, A. and ELFSTRÖM, G., 1974, Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, **6**, 104-114.
- BENDIX, T., 1984, Seated trunk posture at various seat inclinations, seat heights, and table heights, *Spine*, **26(6)**, 695-703.
- BENDIX, T., KROHN, L., JESSEN, F. and AARÅS, A., 1985, Trunk posture and trapezius muscle load while working in standing, supported-standing, and sitting positions, *Spine*, **10**, 433-439.
- BRIDGER, R.S., VON EISENHART-ROTHER, C. and HENNEBERG, M., 1989, Effects of seat slope and hip flexion on spinal angles in sitting, *Spine*, **31(6)**, 679-688.
- BRUYNEL, L. and McEWAN STOTTER, G.M., 1985, Anthropometric data of students in relation to their school furniture, *New Zealand Journal of Physiotherapy*, **13**, 7-11.
- CALLAGHAN, J.T.P. and MCGILL, S.M., 2001, Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting, *Ergonomics*, **44**, 280-294.
- CHAFFIN, D.B. and ANDERSSON, G.B.J., 1991, *Occupational biomechanics*, 2<sup>nd</sup> ed. (USA: John Wiley and Sons, Inc).
- CURRIE, C., HURRELMANN, K., SETTERTOBULTE, W., SMITH, R. and TODD, J., 2000, Health and health behaviour among young people, *Health behaviour in*

- school-aged children: a WHO Cross-National Study (HBSC) International Report, Copenhagen, Denmark.
- de WALL, M., van RIEL, M.P.J.M. and SNIJDERS, C.J., 1991, The effect on sitting posture of a desk with a 10° inclination for reading and writing, *Ergonomics*, **34**, 575-584.
- FINNISH INSTITUTE OF OCCUPATIONAL HEALTH., 1986, Dimensions of the workplace, *Ergonomics Bulletin*, **4**.
- GOUVALI, M.K. and BOUDOLOS, K., 2006, Match between school furniture dimensions and children's anthropometry, *Applied Ergonomics*, **37**, 765-773.
- HAKALA, P., RIMPELÄ, A., SALMINEN, J.J, VIRTANEN, S. and RIMPELÄ, M., 2002, Back, neck, and shoulder pain in adolescents: national cross sectional surveys, *British Medical Journal*, **325**, 743-745.
- HORST, M. and BRINCKMANN, P., 1981, Measurement of the distribution of axial stress on the end-plate of the vertebral body, *Spine*, **6**, 217-232.
- KARHU, O., KANSI, P. and KUORINKA, I., 1977, Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, **8**, 199-201.
- KEEGAN, J.J., 1953, Alterations of the lumbar curve related to posture and seating, *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **35-A**, 589-603.
- KETOLA, R., TOIVONEN, R., HÄKKÄNEN, M., LUUKKONEN, R., TAKALA, E-P. and VIKARI-JUNTURA, E., 2002, Effects of ergonomic intervention in work with video display units, *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, **28**, 18-24.

- KNIGHT, G. and NOYES, J., 1999, Children's behaviour and the design of school furniture, *Ergonomics*, **42**, 747-760.
- LEGG, S.J., PAJO, K., MARFELL-JONES, M. and SULLMAN, M., 2003, Mismatch between classroom furniture dimensions and student anthropometric characteristics in three New Zealand secondary schools, *Proceedings of the International Ergonomics Association XVth Triennial Congress*, (Seoul, Korea), **6**, 395-397.
- LINTON, S.J., HELLSING, A-L., HALME, T. and ÅKERSTEDT, K., 1994, The effects of ergonomically designed school furniture on pupils' attitudes, symptoms and behaviour, *Applied Ergonomics*, **25**, 299-304.
- MANDAL, A.C., 1981, The seated man (Homo Sedens). The seated work position. Theory and practice, *Applied Ergonomics*, **12**, 19-26.
- MANDAL, A.C., 1982, The correct height of school furniture, *Human Factors*, **24**, 257-269.
- MARSCHALL, M., HARRINGTON, A.C. and STEELE, J.R., 1995, Effect of work station design on sitting posture in young children, *Ergonomics*, **38**, 1932-1940.
- MURPHY, S., BUCKLE, P. and STUBBS, D., 2002, The use of the portable ergonomic observation method (PEO) to monitor the sitting posture of schoolchildren in the classroom, *Applied Ergonomics*, **33**, 365-370.
- MURPHY, S., BUCKLE, P. and STUBBS, D., 2003, Back pain amongst schoolchildren and associated risk factors, *Proceedings of the International Ergonomics Association XVth Triennial Congress*, (Seoul, Korea), Vol **5**, 16-20.

- PANAGIOTOPOULOU, G., CHRISTOULAS, K., PAPANCKOLAOU, A. and MANDROUKAS, K., 2004, Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school, *Applied Ergonomics*, **35**, 121-128.
- PARCELLS, C., STOMMEL, M. and HUBBARD, R.P., 1999, Mismatch of classroom furniture and student body dimensions, *Journal of Adolescent Health*, **24**, 265-273.
- SALMINEN, J., 1984, The adolescent back. A field survey of 370 Finnish schoolchildren, *Acta Paediatrica Scandinavica*, Supplement **315**, 1-122.
- SALMINEN, J.J., ERKINTALO (TERTTI), M., LAINE M. and PENTTI J., 1995, Low back pain in the young. A prospective three-year follow-up study of subjects with and without low back pain, *Spine*, **20**, 2101-2108.
- SALMINEN, J.J., ERKINTALO, MINNA O., PENTTI, J., OKSANEN, A., KORMANTO M.J., 1999, Recurrent low back pain and early disc degeneration in the young, *Spine*, **24**, 1316-1321.
- SCHÜLDT, K., EKHOLM, J., HARMS-RINGDAHL, K., NÉMETH, G. and ARBORELIUS, U.P., 1986, Effects of changes in sitting work posture on static neck and shoulder muscle activity, *Ergonomics*, **29**, 1525-1537.
- SFS-ENV 1729-1., 2001, Furniture. Chairs and tables for educational institutions. Part 1: Functional dimensions. The European Prestandard ENV 1729-1:2001, *Finnish Standards Association SFS*.
- SHPS., 1998-2001, School Health Promotion Study. *Stakes, Helsinki, Finland*.
- SIIVOLA, S.M., LEVOSKA, S., TERVONEN, O., ILKKO, E., VANHARANTA, H. and KEINÄNEN-KIUKAANNIEMI, S., 2002, MRI changes of cervical spine in

- asymptomatic and symptomatic young adults, *European Spine of Journal*, **11**, 358-363.
- SZETO, G.P.Y, STRAKER, L. and RAINE, S., 2002, A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers, *Applied ergonomics*, **33**, 75-84.
- TREVELYAN, F.C and LEGG, S.J., 2006, Back pain in school children – Where to from here? *Applied ergonomics*, **37**, 45-54.
- TROUSSIER, B., TESNIERE, C., FAUCONNIER, J., GRISON, J., JUVIN, R. and PHELIP, X., 1999, Comparative study of two different kinds of school furniture among children, *Ergonomics*, **42**, 516-526.
- VERGARA, M. and PAGE, Á., 2002, Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture, *Applied ergonomics*, **33**, 1-8.
- ZACHARKOW, D., 1988, *Posture: sitting, standing, chair design & exercise*. (USA: Charles C Thomas).

Table 1. Elbow-floor height, desk height, desk height deviance from the standard, difference between desk height and elbow-floor height, and deviance of this difference from the optimal. All measures are given in centimetres. (SD = standard deviation).

DESK	Boys (n=44)	Girls (n=57)	Total (n=101)
Elbow-floor height			
Mean	60.5	60.5	60.5
SD	2.8	3.2	3.0
Desk height			
Mean	73.6	73.0	73.3
SD	3.5	2.8	3.1
Desk height deviance from the standard <sup>(1)</sup>			
Mean	+5.6	+5.0	+5.3
Range	+3.6 - +7.6	+3.0 - +7.0	+3.3 - +7.3
Difference between desk height and elbow-floor height			
Mean	13.2	12.5	12.8
SD	3.8	4.7	4.3
Deviance of observed desk height – elbow-floor height difference from the optimal difference <sup>(2)</sup>			
Mean	+7.2	+6.5	+6.8
Range	+6.2 – +8.2	+5.5 - +7.5	+5.8 – +7.8

1) Optimal desk height according to popliteal/chair height is 68 cm ( $\pm 2$  cm) (SFS-ENV 1729-1, 2001)

2) Optimal difference is 6 cm ( $\pm 1$  cm) (Finnish Institute of Occupational Health, 1986)

Table 2. Popliteal height, chair height, chair height deviance from the standard, difference between chair height and popliteal height and deviance of this difference from the optimal. All measures are given in centimetres. (SD = standard deviation).

CHAIR	Boys (n=44)	Girls (n=57)	Total (n=101)
Popliteal height			
Mean	46.3	45.1	45.6
SD	2.4	2.8	2.7
Chair height			
Mean	43.6	43.5	43.5
SD	1.4	1.1	1.2
Chair height deviance from the standard (1)			
Mean	+2.6	+2.5	+2.5
Range	+1.1 – +4.1	+1.0 – +4.0	+1.0 - +4.0
Difference between chair height and popliteal height			
Mean	-2.8	-1.6	-2.1
SD	2.2	2.7	2.5
Deviance of observed chair height - popliteal height difference from the optimal difference (2)			
Mean	-2.8	-1.6	-2.1

1) Optimal chair height according to popliteal height is 41 cm ( $\pm 1.5$  cm) (SFS-ENV 1729-1, 2001)

2) Optimal difference is 0 cm (Finnish Institute of Occupational Health, 1986)

Table 3. Percentage of time spent in four different sitting postures during one lesson at school

SITTING POSTURE	Boys (n=22)		Girls (n=21)		Total (n=43)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Back flexion >20° and/or rotation >45°	51.9	27.9	59.0	23.9	55.3	25.9
Neck flexion >20° or rotation >45°	62.8	25.0	76.5	17.4	69.4	22.5
Back and neck flexion >20° and/or rotation >45°	34.4	22.0	46.8	23.3	40.5	23.3
Back and neck flexion >20° and/or rotation >45° and arms supported	31.3	21.7	35.8	17.7	33.5	19.7





Figure 1 The participants sitting at traditionally used school furniture.

**Working postures among schoolchildren – a controlled intervention study on the effects of newly designed workstations**

Lea Saarni MSc<sup>1</sup>, Clas-Håkan Nygård PhD<sup>2</sup>, Arja Rimpelä PhD,MD<sup>3</sup>, Tapio Nummi PhD<sup>4</sup>,  
Anneli Kaukiainen PhD<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Tampere School of Public Health, FIN-33014 University of Tampere, Finland, E-mail: [lea.saarni@uta.fi](mailto:lea.saarni@uta.fi), Mobile: +358 40 5541475, Fax: +358 3 35516057

<sup>2</sup> Tampere School of Public Health, FIN-33014 University of Tampere, Finland, E-mail: [clas-hakan.nygard@uta.fi](mailto:clas-hakan.nygard@uta.fi)

<sup>3</sup> Tampere School of Public Health, FIN-33014 University of Tampere, Finland, E-mail: [arja.rimpela@uta.fi](mailto:arja.rimpela@uta.fi)

<sup>4</sup> Department of Statistics, FIN-33014 University of Tampere, Finland, E-mail: [tapio.nummi@uta.fi](mailto:tapio.nummi@uta.fi)

<sup>5</sup> Finnish Institute of Occupational Health, Tampere, FIN-33101 Tampere, Finland, E-mail: [anneli.kaukiainen@ttl.fi](mailto:anneli.kaukiainen@ttl.fi)

## **Abstract**

School workstations are often inappropriate in not offering an optimal sitting posture. The aim of this study was to investigate the effects of individually adjustable saddle-type chairs with wheels, and desks with comfort curve and arm support, on schoolchildren's working postures, compared to conventional workstations. Ninety-seven participants, aged 12-16, were followed for one year, 47 at an intervention school and 50 at a control school. Anthropometrics and workstation dimensions were measured and working postures analyzed for a part of each group (n = 21, both groups) by means of video-recording at baseline, before new workstations were introduced, and during follow-up. This study showed that saddle-type chairs allowed significantly greater trunk-thigh angles ( $p = .000$ ) among participants than conventional chairs. There was a significant increase in upright back ( $p = .012$ ) and neck ( $p = .019$ ) postures in the intervention group compared to controls during follow-up. In schoolchildren, using individually adjustable saddle-type chairs and desks with comfort curve, a better match between workstations and anthropometric dimensions and improved working postures are obtained than using conventional workstations.

**Key words:** Schoolchildren, desk, chair, sitting posture, intervention

## Literature Review

Schoolchildren's working postures and workstations have been a neglected area in research. In today's society, the growing use of information and communication technology has contributed to increasingly sedentary lifestyles. After first sitting for several hours at school, often in stooped postures stressing musculoskeletal structures, children continue to sit during their free time, for example, using computer or watching television. Schools have the opportunity to contribute to musculoskeletal health by means of offering workstations that meet children's anthropometric requirements.

Due to the tremendous variance in stature in puberty among children in the same school grade, workstations of just one size are not appropriate for all. There is evidence of a mismatch between school workstations and schoolchildren's anthropometrics; desks and chairs are too high (1, 2), or desks are too high and chairs too low (3).

An upright, neutral sitting posture, exerting least load on spinal structures, is generally believed to bring health related benefits. Upright, neutral sitting posture during working has generally been defined by the magnitude of lumbar spine lordosis and the position of the neck during sitting. Lumbar spine lordosis during sitting has been proposed to be neutral, when its magnitude is the nearest approach to the lumbosacral curve in standing position (4). Neck position has been proposed to be neutral (5), or vertical (6), when the straight line landmark extends from the point of the lowest cervical vertebra (5) to the mastoid process.

The effects of various sitting postures on the angles of the lumbar spine were reported as early as 1950s by Keegan (4), who found that, due to varying angles between the trunk and the thigh in

different sitting postures, alterations in the lumbar spine occur. Three decades later, Mandal (7) showed that a higher sitting and working position enables to maintain the neutral posture of the lumbar spine, and suggested that school desks should be at least one-half and chairs one-third of the person's height. More compressive loads on lumbar structures have been reported during unsupported sitting than during standing, one potential reason being the increased force level in the extensor musculature by a more flexed posture of the lumbar spine (8). Also Hedman and Fernie (9) found a higher level of stress on lumbar structures during kyphotic than lordotic spine postures.

Upright, neutral sitting posture has been obtained in some school studies using a novel workstation design with more sloping desks and chairs. Compared to flat ones, desk tops with a 15-degree slope and chairs with a 15-degree forward slope allow less neck flexion and a larger angle between trunk and thigh while working at the desk (10). In adults, the lumbar spine position was less kyphotic on a high chair (135-degree angle between trunk and thigh) than on a low chair (4, 11), and an angle as low as 115 degrees between trunk and thigh, together with a chair with a 15-degree forward slope, seemed to reduce lumbar flexion (12). Further, desks with a 10-degree inclination have been reported to decrease sagittal flexion of the head and the trunk compared to working at a flat desk (13). Contrary to the studies of Bridger (12) and de Wall et al. (13) on adults, school workstations with more height, sloped desks, and curved chairs did not affect schoolchildren's actual sitting behavior (14). The authors emphasized the need for proper instructions for the children and adjustment of furniture to achieve better working postures; and indicated that ergonomic workstations alone do not seem to improve the sitting habits (14).

There has been an attempt to determine the optimal adjustment of desks and chairs to meet children's anthropometric requirements and decrease static muscle loads. With an adult person

seated on the chair, the desk should be adjusted appropriately in relation to the elbow position to minimize shoulder elevation and static levels of shoulder muscle load (11). Consequently, the recommended desk height in adults is about 5cm (11) or 5-7cm (15) above elbow level, if an arm/wrist support is available. For children, such recommendations are absent.

Working postures of schoolchildren have been little studied. According to Murphy et al. (16, 17), flexed postures of the trunk and the neck, and Saarni et al. (3), flexed or flexed/rotated back and neck postures during sitting are common using conventional workstations. The percentage of time spent with trunk and neck flexed more than 20° has also been associated with low back pain, and increased neck pain in taller schoolchildren (17). In adults, occupying sedentary position for over 95% of the working time was found to be significantly associated with neck pain (18). Ergonomically designed and individually adjusted workstations may prevent musculoskeletal symptoms in adults (19).

This study investigates the effects of individually adjustable saddle-type chairs and desks with comfort curve to accommodate body and provide arm support (Figure 1) on schoolchildren's sitting postures in a one-year controlled intervention. The hypothesis was that the newly designed workstations, compared to conventional ones, increase trunk-thigh angles, and back and neck upright, neutral postures among participants during sitting.

## **Methods**

### **Subjects and Procedure**

This study was a controlled intervention with one-year follow-up between February 2002 and March 2003. At baseline, participants were all sixth (mean, 12 years) and eighth (mean, 14 years) graders in two Swedish speaking comprehensive schools in Finnish cities. The schools were comparable with respect to neighboring cities, minority language, and social background. Participants at baseline totaled 101, 46 in the intervention school and 55 in the control school. Two participants (boys) moved from the control school to the intervention school after summer vacation in August 2002. These two boys were allocated to the intervention group, because their exposure time to the new furniture was only two months shorter than that of other participants in the intervention group. Four boys were excluded on account of moving to another municipality, three from the control group and one from the intervention group. A total of 97 participants completed the study, 47 in the intervention school and 50 in the control school. At baseline, participants of both groups reported similarly on sports, computer use, stage of pubertal maturation, amount of school work, mean grades of school reports, and absence due to illness.

### **Description of Workstations**

In April 2002, after baseline measurements, the intervention group was equipped with new, adjustable saddle-type chairs with wheels and adjustable desks with comfort curve for the body (Easydoing Co., Rautalampi, Finland) (Figure 1). The aim was to adjust the new design workstations as optimally as possible to match the anthropometrics of each child. The space between the adjusting holes (4cm) somewhat limited the adjustability of the chair and desk heights. The adjustment was performed starting with the bottom hole and then increasing the height one step at a time until the closest match to child's anthropometrics was found. The

elbow-floor heights (mean difference between desk height and elbow-floor height) were set to 5-7cm (11, 15), and the trunk-thigh angles to 115-135 degrees (4,11). The built-in constant-tilt angle of the new desks did not permit adjustment, and, consequently, the difference between the new and conventional desks remained negligible (Table 2).

As the participants of the intervention school were able to adjust their desks and chairs, the researcher advised them not to self-adjust in order to avoid a conflict between anthropometrics and workstations. The matches between the elbow-floor height and desk height, and those between the trunk-thigh angle and chair height of each participant were checked on average every two months. In addition, workstations were readjusted according to the individual anthropometrics of the child when necessary.

The control group continued using their conventional workstations throughout the intervention. Some workstations were adjustable by height. The school janitor performed some height adjustments in the beginning of the school year, but many participants were also able to adjust the desk slope (two tilt angles).

Unlike in most Finnish schools, these schools were comparable in two accounts: each grade had a home classroom, and used the same desks and chairs for most lessons. In the intervention school, the new workstations were placed in the home classroom. When deducting the hours regularly spent, according to the timetables, in other classrooms for craft, physical education, and home economics/domestic science, there remained an annual average of 27.3 hours per week at the most to be spent in the home classroom at the intervention school, and 27.8 hours at the control school, correspondingly. In addition, other lessons occasionally held outside the home classroom were further deducted from the annual average rates. The net total exposure time was



14.3 hours in the intervention group and 17.6 hours in the control group. The difference in the exposure time between the groups was statistically significant ( $p = .000$ ).

### **Anthropometrics and Workstation Dimensions**

The height (stature), weight, and sitting height of each participant were measured at baseline and after the one-year follow-up. The height was determined as the vertical distance from floor to top of the head, and measured with participant standing without shoes, erect, and looking horizontally straight ahead. The plastic measuring instrument was wall-mounted, and the participant stood with the back against the measuring instrument. Relative growth was calculated as follows: height during intervention (height at follow-up minus height at baseline) divided by height at baseline. Sitting height was determined as the vertical distance from seat surface to top of the head, and measured with participant sitting erect on a flat seat, with knees bent 90°, and the back against the measuring instrument. Weight was determined with digital weighing scales. Height, weight, and sitting height were measured individually in the school nurse's room by the first author, trained in physiotherapy, using plastic ruler, metal right angle, and digital scales. At baseline, the anthropometric measures did not indicate a difference between the groups.

Elbow height (seated) was the vertical distance from seat surface to the olecranon tip (under the elbow), and measured with the arm at side (vertically adducted), and elbow flexion at 90°. The measurements were performed in the participants' home classroom during a lesson by the first and fifth authors, using plastic ruler, and wooden measuring board. Elbow-floor height (seated) was the sum of elbow height and chair height. The difference between the new desk height and the elbow-floor height was compared to the difference between the conventional desk and the elbow-floor height to ensure optimal difference defined according to the guidelines and proposals (11, 15).

Using wooden and plastic rulers, the desks and chairs were measured in the classrooms by the first and fifth authors while participants sat at their workstations. The desk height was the vertical distance from floor to desk front edge (left side). Desk tilt ( $\sin \alpha = a \div b$ ) was calculated using the depth (b) and the height difference of the front and back edges of the desk (a). The height of the conventional chair was determined as the vertical distance from floor to the highest point on the rear end of the seat. The height of the saddle-type chair was calculated by decreasing 1cm from the highest point on the rear end of the seat (curved, with sideward buckle).

Children's anthropometrics and dimensions of desks and chairs were measured at baseline. During follow-up, elbow-height, elbow-floor height, desk height, chair height, and difference between desk height and elbow-floor height were measured at 4/2002, 8/2002, 10/2002, 12/2002 and 2/2003 in the intervention group, and at 8/2002, 12/2002 and 2/2003 in the control group.

### **Posture Analysis by Video Recordings**

Twenty-one schoolchildren from the intervention and 21 from the control group were selected at random from among the participants (n=101) for video recordings in 2002 and 2003, to be performed in home classrooms during morning or afternoon lessons. During lessons, participants had mathematics, languages, religious education, chemistry, or history. A video camera was positioned on either side, sagittally toward the participant, with field-of-view from the thigh to the top of the head. The recording time varied due to participants' dynamic moving on and off the chair, or to other children blocking the view.

For posture analysis, the modified Ovako Working posture Analyzing System (OWAS) was used (20), with observation intervals set at 15 seconds. OWAS categories were modified to school sitting postures to include (a) back: straight, flexed, rotated, or flexed and rotated; (b) upper

limbs: neither limb supported, one supported, or both supported on desk; (c) buttocks and lower limbs: buttocks resting on rear of seat, front of seat, or standing or walking; and (d) neck: straight, flexed, or rotated.

All postures were recorded in relation to the upright sitting posture, with the back and neck positions defined as straight with flexion  $\leq 20^\circ$  and rotation  $\leq 45^\circ$ . The variables used in the analyses were back and neck postures during sitting. The average length of each video recording obtained of one participant was 36.5 minutes during one lesson. The average number of observations for each child was 133.

### **Data Analysis**

The comparison of anthropometrics and workstation dimensions between the intervention group and the control group are presented as means and standard deviations. To analyze working postures, the model fitted for each of the outcome measures was  $Y_I = U + b_I + c_I t + dz + \varepsilon$  for the intervention group, and  $Y_C = U + b_C + c_C t + dz + \varepsilon$  for the control group. In the model,  $U$  was a random intercept term associated with a study participant;  $b_I$  and  $b_C$  were intercept terms in intervention and control groups, correspondingly; and  $c_I$  and  $c_C$  were slope terms associated with time ( $t$ ) effects in both groups. Further,  $d$  was a coefficient associated with covariate  $z$ , and  $\varepsilon$  was a residual term. The main hypothesis of interest was whether the intervention effect in time was similar in both groups, i.e.  $H_o: c_I = c_C$ .

The linear mixed-effects model used here processes differences in the postures between the groups during follow-up, also taking into account individual variation between participants and the correlation structure within the participant's measurements.

Relative growth (height during intervention divided by height at baseline), a potential confounding factor, may have affected the sitting postures. Relative growth was tested in linear mixed-effects models. Statistical analysis to determine the differences for the development of the main outcome variables in time between the control and intervention groups was performed using linear mixed models, and tested by *t*- and *F*-tests given by R-program LME (21). The basic analysis was performed by the SPSS 11.5 for Windows. The relative growth as a confounding factor had no significant effect on sitting postures.

### **Ethical Considerations**

After written information to the parents, and written and verbal information to the children, written informed consent was obtained from the participants and their parents. Written permission was also obtained from the school headmasters after verbal information about the research plan. The Ethical Committee of the Hospital District of Pirkanmaa approved the protocol.

## Results

The descriptive statistics of the schoolchildren at baseline and during follow-up are shown in Table 1. The groups did not differ significantly between mean height, weight, and sitting height. The new workstations for the intervention group were significantly higher than the conventional ones for the control group. The measurements of trunk-thigh angles showed no difference between the groups at baseline, but the saddle-type chairs allowed the thighs to incline significantly more downward than the conventional chairs during intervention. Variation in desk tilt was large within the control group (0-16 degrees) and narrow within the intervention group (0-1 degrees). Desk tilt differed significantly between the groups at baseline, but not during follow-up. (Table 2)

At baseline, upright neck postures were significantly more common ( $p = .031$ ) in the control group compared with the intervention group. Regarding back postures at baseline, there was no difference between the groups. The proportion of time schoolchildren sat with their back and neck in upright posture ( $\leq 20$  degrees flexion and/or  $\leq 45$  degrees rotation) increased more in the intervention group compared to the controls during follow-up (Figure 2). However, the new workstations failed to bring about better sitting postures among all participants, instead, some postures deteriorated during follow-up, although similar development was seen in the control group.

In Table 3, the time effect on back posture in both groups was significantly higher in the intervention group ( $p = .012$ ). The time effect on neck posture was positive in the intervention group and negative in the control group. The difference was statistically significant ( $p = .019$ ). The positive estimates of the time effect on sitting postures are interpreted as a course toward a

higher percentage of time in upright sitting postures, and the negative estimate toward a lower percentage. Interpretation of the estimates of the model parameters is the effect in unit when all other factors are held fixed.

## Discussion

The new design of the individually adjustable saddle chairs and desks with comfort curve and arm support increased the upright, neutral back and neck postures during sitting at school lessons compared to conventional workstations. This is an improvement from the musculoskeletal point of view. The increase was the result of proper adjustments and the new workstation design. The new workstations force proper elbow support and increase the angle between trunk and thigh, thus enabling a more neutral lumbar position. Despite the somewhat limited adjustability of the new design desks and chairs, optimal relationship between anthropometrics and workstations was mostly obtained. Moreover, the adjusting mechanism was ‘user-friendly’ compared to the conventional workstations. Some participants in the control group were able to adjust their tiltable desk slopes between two positions. For the intervention group, self-adjustment of the desk slope was discouraged. The calculated mean desk slope angles differed significantly between the groups at baseline but not during follow-up.

The schools in this study, being a minority language group in their city, were comparable in their cultural features, also shown as continuity of education within the same school complex and grounds for at least grades one through nine. At both schools, most lessons were held in home classrooms. At the intervention school, for practical reasons, the new workstations were placed in the home classroom only, while conventional workstations were maintained in the other classrooms. Consequently, of the total exposure time, only 52.4% of all sitting hours were spent at the new workstations, which may have diluted the effects.

In the intervention group, desks and chairs were adjusted according to the anthropometric dimensions of the participants. It was noted, however, that on a few occasions some participants,

or other students, had done readjustments. To ensure maintenance of correct adjustments, and to allow for growth, the desks and chairs were adjusted by the first author on average every two months. The individual response to the neutral posture of the lumbar and cervical curve showed substantial variation. Despite the new design of workstations, schoolchildren still have their individual sitting and working habits during lessons. Consequently, our posture analysis allowed a certain degree of individual sitting posture variation owing to the neutral posture angle definition tolerances ( $\leq 20$  degrees). Moreover, it is possible that additional instructions for the intervention group of the optimal sitting postures might have enabled those showing a poor sitting posture to avail themselves better of the new design.

A working posture video analysis is an appropriate method to evaluate postures of the back and the neck, position of the buttocks on the seat, and position of the upper limbs (16, 18, 19). It should be noted that the potential bias associated with subjects being aware that they are being observed may have appeared during the early intervention, video analysis in particular, but it is unlikely that it would extend over the whole one-year follow-up. The modified OWAS method was used to measure the frequency of sitting postures of the participants at 15-second intervals. In this study, the 15-second intervals and the posture categories were chosen according to earlier studies (16, 18, 19). This procedure ensured that the sampling frequency was quite high and only a few observations were missed during one lesson, the school data obtained can be considered unique. Another posture analyzing system, Portable Ergonomic Observation method (PEO) (19), provides information about posture intensity, duration, and frequency. However, only the duration of posture was missing from OWAS compared to PEO. As described by Murphy et al (16), the PEO method also seemed to miss some observations compared to video analysis (percentage of time spent in each posture), especially concerning neck postures.



## **Conclusions**

This study showed that adjustable saddle-type chairs and desks with comfort curve contributed to better working postures compared to conventional workstations. The authors propose that these results should be taken into account by decision-makers in schools, and adopted as part of a healthy school environment, which might lead to improved awareness and development of ergonomically more beneficial school workstations among furniture designers and manufacturers.

## **Acknowledgements**

The study was supported by the Academy of Finland and the Yrjö Jahnesson Foundation.

## REFERENCES

1. Parcels C, Stommel M, Hubbard R. Mismatch of classroom workstation and student body dimensions. *J Adolesc Health*. 1999; 24: 265-273.
2. Panagiotopoulou G, Christoulas K, Papanckolaou A, Mandroukas K. Classroom workstation dimensions and anthropometric measures in primary school. *Appl Ergonomics*. 2004; 35: 121-128.
3. Saarni L, Nygård C-H, Kaukiainen A, Rimpelä A. Are the desks and chairs appropriate? *Ergonomics*. Accepted for publishing.
4. Keegan J. Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *J Bone Joint Surg*. 1953; 35-A: 589-603.
5. Harms-Ringdhal K, Ekholm J, Schúldt K, Németh G, Arborelius U. Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics*. 1986; 29: 1539-1552.
6. Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin BJ. *Occupational biomechanics*. 3rd ed. USA: John Wiley & Sons, Inc; 1999.
7. Mandal A. The correct height of school workstation. *Hum Factors*. 1982; 24: 257- 269.

8. Callaghan J, McGill M. Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*. 2001; 44: 280-294.
9. Hedman T, Fernie G. Mechanical response of the lumbar spine to seated postural loads. *Spine*. 1997; 1 April: 734-743.
10. Marschall M, Harrington A, Steele J. Effect of work station design on sitting posture in young children. *Ergonomics*. 1995; 38: 1932-1940.
11. Bendix T, Krohn L, Jessen F, Aarås A. Trunk posture and trapezius muscle load while working in standing, supported-standing, and sitting positions. *Spine*. 1985; 10: 433-439.
12. Bridger R, Von Eisenhart-Rothe C, Henneberg M. Effects of seat slope and hip flexion on spinal angles in sitting. *Spine*. 1989; 31: 679-688.
13. de Wall M., van Riel M, Snijders C. The effect on sitting posture of a desk with a 10° inclination for reading and writing. *Ergonomics*. 1991; 34: 575-584.
14. Linton S, Hellsing A-L, Halme T, Åkerstedt K. The effects of ergonomically designed school workstation on pupils' attitudes, symptoms and behaviour. *Appl Ergonomics*. 1994; 25: 299-304.
15. Finnish Institute of occupational health (FIOH). Dimensions of the workplace. *Ergonomics Bulletin*. 1986; 4:3-11.

16. Murphy S, Buckle P, Stubbs D. The use of the portable ergonomic observation method (PEO) to monitor the sitting posture of schoolchildren in the classroom. *Appl Ergonomics*. 2002; 33: 365-370.
17. Murphy S, Buckle P, Stubbs D. Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren. *Appl Ergonomics*. 2004; 35: 113-120.
18. Ariëns G, Bongers P, Douwes M, Miedema M, Hoogendoorn W, van der Wal G, Bouter L, van Mechelen W. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occup Environ Med*. 2001; 58: 200-207.
19. Fransson-Hall C, Gloria R, Kilbom Å, Winkel J. A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. *Appl Ergonomics*. 1995; 26: 93-100.
20. Karhu O, Kansilä P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Appl Ergonomics*. 1977; 8: 199-201.
21. Pinheiro JC, Bates DM. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. New York: Springer-Verlag; 2000.



A) Conventional desk and chair



B) Desk with comfort curve



C) Saddle-chair

**Figure 1 A) One example of the conventional workstations, B) and C) The new workstations of the intervention group**

**Table 1 Means and standard deviations (SD) of height, weight and sitting height.**

	Baseline			Follow-up		
	Intervention group (n=47)	Control group (n=50)	<i>P</i> value <sup>a</sup>	Intervention group (n=47)	Control group (n=50)	<i>P</i> value <sup>a</sup>
Height (cm)						
mean	163.6	164.3	NS	168.3	167.9	NS
SD	9.1	11.2		8.7	10.3	
Weight (kg)						
mean	54.7	57.8	NS	58.2	62.4 <sup>b</sup>	NS
SD	10.2	12.5		8.8	12.4	
Sitting height (cm)						
mean	84.5	85.8	NS	86.6	87.4	NS
SD	4.9	5.4		4.2	5.1	

<sup>a</sup> t-test for equality of means between groups, <sup>b</sup> n = 49

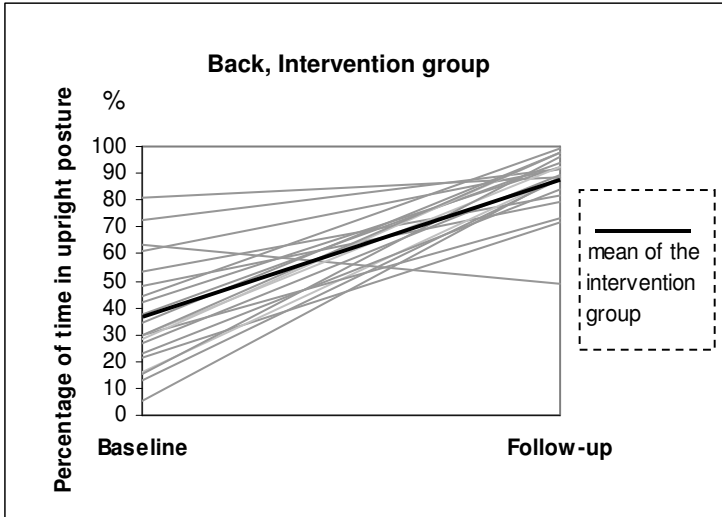
**Table 2 Means and standard deviations (SD) of desk height, angle of desk slope, trunk-thigh angle, chair height, elbow height, elbow-floor height and the difference between elbow-floor height – desk height**

	Baseline			Follow-up		
	Intervention school (n=47)	Control school (n=50)	<i>P</i> value <sup>a</sup>	Intervention school (n=47)	Control school (n=50)	<i>P</i> value <sup>a</sup>
Desk height (cm)						
mean	71.8	74.6	.000	96.3	73.9	.000
SD	1.7	3.5		5.0	3.1	
Angle of desk slope (degree)						
mean	0.0	2.1	.000	4.1 <sup>b</sup>	3.9 <sup>c</sup>	NS
SD	0.2	3.5		0.7	2.4	
Trunk-thigh angle (degree) <sup>d</sup>						
mean	96.3	98.8	NS	125.0	99.8	.000
SD	3.9	5.4		5.8	7.0	
Chair height (cm)						
mean	43.3	43.7	NS	68.2	43.8	.000
SD	1.4	1.0		4.5	2.0	
Elbow height (cm)						
mean	16.7	17.3	NS	20.9	20.3	NS
SD	2.7	2.4		2.7	1.9	
Elbow-floor height (cm)						
mean	60.0	61.0	NS	89.1	64.1	.000
SD	3.5	2.3		5.5	2.8	
Difference between desk height and elbow-floor height (cm) <sup>e</sup>						
mean	11.8	13.6	.037	7.2	9.7	.001
SD	4.7	3.7		2.9	3.9	

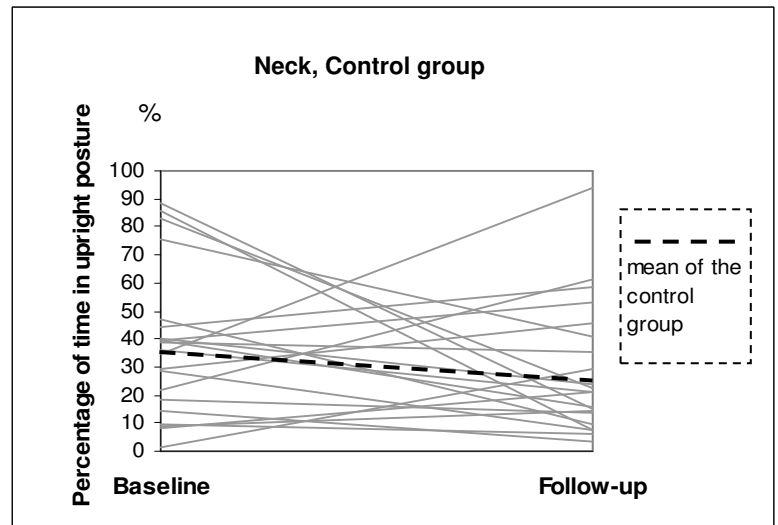
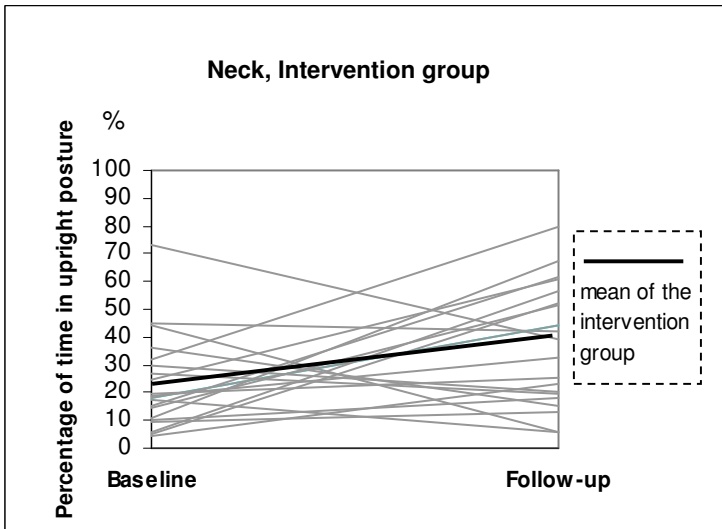
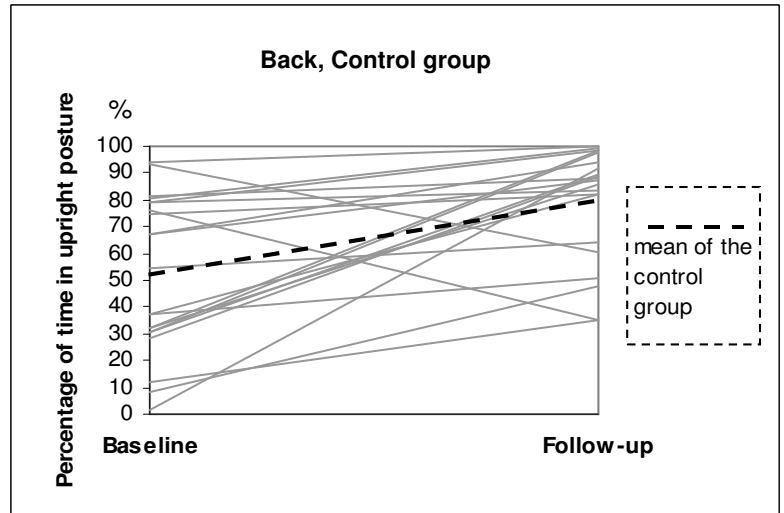
<sup>a</sup> t-test for equality of means between groups, <sup>b</sup> n= 46, <sup>c</sup> n= 49, <sup>d</sup> n = 20 in both groups, measured from video recordings,

<sup>e</sup> The optimal difference is suggested to be 5 cm (11) or 5-7 cm (15).

**A) Intervention group**



**B) Control group**



**Figure 2 Percentage of time for each participant sitting with back and neck in upright postures, and the means of the percentage of time in the intervention group (A) and control group (B) at baseline and at follow-up.**



**Table 3 Estimates and tests for the fitted mixed models for sitting posture with relative growth as a confounding factor**

	Time effect on intervention group	Time effect on control group	<i>F</i> -test for time effects between groups	<i>P</i> value
	Estimate ( <i>t</i> -value)	Estimate ( <i>t</i> -value)	Estimate	
<b>Sitting posture</b> <sup>a</sup>				
back posture	50.38(7.88)	26.73(4.18)	6.84	.012
neck posture	14.26(2.09)	-9.26(-1.35)	5.92	.019

<sup>a</sup> n = 21 in both intervention and control groups

**Do ergonomically designed school workstations decrease musculoskeletal symptoms  
in children? A 26-month prospective follow-up study**

Lea A. Saarni MSc<sup>a,b,\*</sup>, Arja H. Rimpelä PhD, MD<sup>a</sup>, Tapio H. Nummi PhD<sup>c</sup>, Anneli  
Kaukiainen PhD<sup>d</sup>, Jouko J. Salminen PhD, MD<sup>e</sup>, Clas-Håkan Nygård PhD<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Tampere School of Public Health, FIN-33014 University of Tampere, Finland

<sup>b</sup> Research Unit of Pirkanmaa Hospital District, Tampere University Hospital, P.O.B.  
2000, FIN-33521 Tampere

<sup>c</sup> Department of Mathematics and Statistics, FIN-33014 University of Tampere, Finland

<sup>d</sup> Finnish Institute of Occupational Health, Tampere, PO Box 486, FIN-33101 Tampere,  
Finland,

<sup>e</sup> Department of Physical and Rehabilitation Medicine, University Hospital of Turku, PO  
Box 52, FIN-20520 Turku, Finland

\*Corresponding author:

Lea Saarni, MSc

School of Public Health

FIN-33014 University of Tampere, Finland

Tel.: +358 3 3551 6172

Fax: +358 3 3551 6057

E-mail: lea.saarni@uta.fi

## **Abstract**

Workstations at school are among several factors that contribute to musculoskeletal symptoms among school-aged children. The aim of this study was to investigate the effects of ergonomically designed workstations on schoolchildren's musculoskeletal symptoms as compared to conventional workstations. In the first 14-month phase of the study (2002-2003, two schools), 42 from the intervention and 46 from the control school participated. In the total follow-up of 26 months (2002-2004), 23 in the intervention and 20 in the control group participated. Anthropometrics and musculoskeletal symptoms were measured. In general, the ergonomically designed school workstations did not decrease present neck-shoulder, upper back, low back and lower limbs strain and pain, compared to conventional ones during follow-ups.

**Keywords:** children; musculoskeletal symptoms; workstations

## **1. Introduction**

Workstations at school are among several factors that may contribute to musculoskeletal pain among school-aged children. During lessons children often sit in poor postures with trunk, back and neck flexed or rotated even for longer periods of time (Murphy et al., 2002; Murphy et al., 2004; Saarni et al., 2007b). Static postures and sitting for prolonged periods are risk factors for postural health, especially for low back pain (Kumar and Mital, 1992). Murphy et al. (2004) found that time spent with the trunk and neck flexed is associated with low back pain. Prolonged sitting in a stooped posture increases the stress in soft tissues, discs and nerves of the spine and may result in discomfort and pain in musculoskeletal structures. On the other hand, in upright, neutral sitting postures with a spinal curve similar to that in standing posture, the induced load on the spinal structures is reduced thus decreasing the feelings of pain (Corlett, 2006).

By modifying school furniture the sitting posture of children can be encouraged towards a more favourable one that is less likely to induce musculoskeletal pain or symptoms. Our previous study (Saarni et al., 2007a) showed that individually adjusted saddle-type chairs with wheels and sloped desks with comfort curve for the body (photos of workstations are seen in our previous paper Saarni et al., 2007a) contributed to more upright, neutral sitting posture and larger hip angles compared to conventional workstations. Additionally, studies have revealed that ergonomic and new design workstations induced less neck flexion postures (Marchall et al., 1995) and larger hip angles (Koskelo, 2006; Marchall et al., 1995) than conventional ones. Furthermore, in the study by Chlebicka (2004) sloped chairs with knee-support showed an increase in lumbar lordosis and a decrease in thoracic kyphosis compared to sitting on traditional chairs. Sitting postures

are unique for each individual, and children gradually resumed their individual sitting postures despite the new workstation design. However, the saddle type chairs also used in this study enable a trunk inclination as vertical as in the standing position, yet lumbar lordosis shifts slightly toward kyphosis (Bendix et al., 1985).

Although ergonomically designed furniture contributes to a more advantageous sitting posture, there is little evidence that it contributes to a decrease in musculoskeletal pain. Controlled interventions have been scarce and their outcome indicators are few. Two intervention studies have shown a decrease in musculoskeletal symptoms when measured by a dichotomous scale (yes/no) (Linton et al., 1994; Koskelo, 2006). When Linton et al. (1994) used pain frequency (from 0=very seldom to 100=very often/every day) as an outcome indicator, no effect on back or neck pain was observed. Likewise, Aagaard-Hansen and Storr-Paulsen (1995) and Troussier et al. (1999) showed that ergonomically designed workstations with adjustable high chairs and tiltable desk-tops have no effect on musculoskeletal symptoms compared to ISO standard furniture. Additionally, Cardon et al. (2004), investigating a classroom situation with adjustable high chairs, tiltable tables and stand-at desks, information stations, and reclining surfaces demonstrated that improvements had no effect on schoolchildren's perceived pain compared to traditional environment.

This paper reports on the effects of ergonomically designed school workstations on musculoskeletal symptoms of schoolchildren. The workstations consist of adjustable saddle-type chairs and desks with comfort curve to accommodate body and to provide arm support. As outcome indicators, we use perceived strain and pain intensity levels. These intensity levels serve as indicators of the amount of load on the spinal structures

(Corlett, 2006.) Based on our previous study, which showed that these adjustable workstations increase upright sitting postures (Saarni et al., 2007a), our hypothesis is that in using ergonomically designed school workstations a decrease in the intensity of schoolchildren's musculoskeletal symptoms will be seen when compared to conventional workstations.

## **2. Methods**

### *2.1 Design and study population*

This study was a controlled intervention with a total follow-up time of 26 months. At the start of the study, 101 participants with a mean age of 12 (6<sup>th</sup> grade) or 14 years (8<sup>th</sup> grade) were enrolled from two Swedish speaking comprehensive schools in two Finnish cities. At the time of the first follow-up, 14 months between 2002 and 2003, the number of participants was 88, 42 in the intervention and 46 in the control group. From the 14-month analysis we excluded participants who did not complete the musculoskeletal symptom intensity level questionnaire. The number of children participating in the total follow-up at 26 months, between 2002 and 2004, was 43; 23 in the intervention group and 20 in the control group. During the second follow-up year, the older control group (then 9<sup>th</sup> graders) did not wish to continue participation. Furthermore, two participants (boys) moved from the control school to the intervention school after the summer vacation in August 2002. In the analysis, they were considered as part of the intervention group, because they lacked only a few weeks of exposure to the new workstations as compared to the original intervention group.

The background variables like sports participation, computer use, stage of pubertal maturation, amount of school work, mean grade point average, absence due to illness, school workstation discomfort, school atmosphere, and stress symptoms (e.g. stomach ache, nervousness, irritability, difficulty sleeping, headache, and daytime tiredness) were elicited by self-administered questionnaire. The intervention and control groups reported similarly at start of the study on these background variables. Overall, although the groups differed in their opinions on haste as a disturbing factor in school, they were found to be very similar with respect to the main background variables.

Unlike most Finnish schools, these schools were comparable because each grade had a home classroom with separate lockers for books and utensils. Also, most of the lessons during school days were held in the home classroom, where the children sat at the same desks and chairs every day. In the intervention school, the new workstations were placed in the home classroom. When deducting the hours, according to the timetables, regularly spent in other classrooms for craft, physical education and home economics/domestic science, there remained an annual average of 27.3 hours per week at most spent in the home classroom at the intervention school, and 27.8 hours at the control school. In addition, other lessons occasionally held outside the home classroom were further deducted from the annual average rates. The net total exposure time was 14.3 hours in the intervention group and 17.6 hours in the control group. The difference in the exposure time between the groups was statistically significant ( $p = .000$ ).

In April 2002, after baseline measurements, the intervention group was equipped with adjustable saddle-type chairs with wheels and adjustable desks with comfort curve for the

body (described in our previous paper, Saarni et al., 2007a) (Easydoing Ltd/Salli Systems, Rautalampi, Finland). The workstations were adjusted to every child's personal anthropometric dimensions, for instance, the trunk-thigh angles were adjusted to 115-135 degrees according to suggestions by Keegan (1953) and Bendix et al. (1985). The control group on the other hand continued to use the conventional workstations during the whole intervention period and no workstation adjustments by the researcher were performed.

After written information to the parents and both written and verbal information to the children and headmasters of the schools, written consent was obtained from parents, children and headmasters. The Ethics Committee of the Pirkanmaa Hospital District approved the protocol.

## *2.2 Physical measurements*

Height (stature) of the participant was determined as the vertical distance from floor to the top of the head and measured with the participant standing without shoes, erect and looking straight ahead. Sitting height was determined as the vertical distance from the surface of the seat to the top of the head and measured with the participant seated erect on a flat horizontal chair. Weight was measured with digital weighing scales. Height, weight and sitting height were taken individually in the school nurse's room by the first author trained in physiotherapy. At baseline, anthropometric measures did not indicate a statistical difference between the intervention and control groups nor between the younger or older groups. These variables were measured four times during the 14-month



follow-up (February/August/December 2002 and March 2003) and twice during the latter part of the total follow-up period (September 2003 and March 2004).

### *2.3 Anthropometrics of schoolchildren and dimensions of school workstations*

Elbow height (seated) was the vertical distance from the seat surface to the tip of the olecranon (under the elbow) and measured with arm at side (0-degree abduction) and 90-degree elbow flexion. The height of the conventional chair was the vertical distance from the floor to the highest point on the rear end of the seat. The height of the saddle-type chair was calculated by decreasing 1 cm from the highest point on the rear end of the seat (the rear end of the seat was curved and sideward buckled). The desk height was the vertical distance from the floor to the front edge (left side) of the desk. Elbow-floor height (seated) was the sum of elbow height and chair height. The match between the new design desk height and elbow-floor height was adjusted according to proposals by Bendix et al. (1985) and Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) (1986). The desks and chairs were measured in the classrooms by the first and fourth authors. These measurements were repeated in both schools four times during the 14-month follow-up (February/August/December 2002, March 2003) and additionally once during the second follow-up year (March 2004). In the intervention school, the match between elbow-floor height and desk height and between trunk-thigh angle and chair height was ensured by regular adjustments on average once in every 2 months for each participant. Additional readjustments were performed if necessary.

### *2.4 Musculoskeletal strain and pain*

Present perceived musculoskeletal strain intensity levels were measured once a day over one school week using a modified Borg Category Ratio Scale (CR-10 Scale, Borg, 1998). The scale of strain intensity levels ranged from 0 (nothing at all) to 10 (extremely strong, maximal). Strain in different body areas was elicited with: “How strained (exhausted) do you feel at this moment in the following body areas?” The body areas measured were neck-shoulder, upper back, low back, upper limbs and lower limbs. To clarify the question a drawing marking the areas was provided next to the Borg-scale in the questionnaire.

Present perceived musculoskeletal pain intensity levels were likewise measured once a day over one week using a 0-100mm Visual Analogue Scale (VAS) (Revill et al., 1976), with 0=no pain and 100=extreme pain. Present pain in different body areas was elicited with: “Have you at this moment any of the following pain (smart, ache or distress)?” VAS was also used during follow-up to assess musculoskeletal pain intensity levels during the last six months with: “During the past six months, have you had any of the following pain (smart, ache or distress)?” Pain areas measured in both questionnaires were: neck-shoulder, upper back, low back, upper limbs and lower limbs. To clarify the questions a drawing marking the areas was provided next to the VAS-scales.

The questionnaires for the one-week periods were collected by teachers at about 1 pm on each of the five school days. Present strain and pain intensity levels were measured at baseline (March 2002) before the new desks and chairs were introduced, five times during the first 14-month follow-up (May, September and December 2002, March and May 2003) and twice during the second follow-up year (December 2003, May 2004).

Additionally, musculoskeletal pain intensity levels during the last six months were measured at baseline (February 2002) before the new desks and chairs were introduced, once during the first 14-month follow-up (February 2003) and once during the second follow-up year (February 2004).

For participants who filled out the questionnaire at least on three days during the week, means of perceived present strain and pain intensity levels were calculated. The final analysis was performed for those who filled out the questionnaire at baseline and at least once during follow-up. The main reason for not filling out the questionnaire every day during the study weeks was absenteeism. Additionally, we constructed the musculoskeletal pain intensity level degrees to dichotomous scales (no/yes) for further analysis. “No pain” consisted of VAS levels from 0 to 0.5 mm and “Yes pain” from 0.6 to 100 mm. These limits were defined according to earlier studies (Hunfeld et al., 1997; Hunfeld et al., 2001; Hunfeld et al., 2002; Jensen et al., 2003). The musculoskeletal strain intensity levels were also classified to dichotomous scales (no/yes) for further analysis. “No strain” was stated as 0 in the Borg scale and “Yes strain” between Borg levels 0.1-10.

### *2.5 Statistical analysis*

Descriptive results are presented as means and standard deviations. Dichotomous variables (strain and pain) were tested by the Chi-square test or Fisher’s exact test to analyse group differences (both age groups in the same analysis) between the schools. To analyse musculoskeletal strain and pain, the model fitted for each of the log outcome

variables was  $Y_I = U + b_I + c_I \cdot t + d z + \varepsilon$  for the intervention group and  $Y_c = U + b_c + c_c t + d z + \varepsilon$  for the control group. In the model,  $U$  was a random intercept term associated with a study participant,  $b_I$  and  $b_c$  were intercepts in both groups and  $c_I$  and  $c_c$  were slope terms associated with time ( $t$ ) effects in both groups. Further,  $d$  was a coefficient associated with covariate  $z$  and  $\varepsilon$  was a residual term. All of the strain and pain variables were negatively skewed and therefore the logarithmic transformation was made for the original variables. The main hypothesis of interest was if the intervention effect over time was similar in both groups, i.e.  $H_0 : c_I = c_c$ .

At baseline, the difference in the intensity levels of musculoskeletal strain and pain symptoms between groups was tested with the t-test. The development of those variables during the follow-up years was analysed and tested between groups. The linear mixed-effects model used here processes differences in the development of the symptoms during follow-up between the groups, but also takes into account individual variation between participants and the correlation structure within the participant's measurements.

Growth over time may have had some influence on the musculoskeletal strain and pain intensity levels. According to earlier studies, taller children had more musculoskeletal pain (Nissinen et al., 1994; Salminen et al., 1995) and thus in this study the children's growth over time was added into the analysis as a confounding factor and tested in linear mixed-effects models. The differences for the development of the main outcome variables over time between the intervention and control groups were investigated by linear mixed models and tested by t- and F-tests produced by R-programme LME (Pinheiro and Bates, 2000). For further statistical analysis, the SPSS 11.5 software for Windows was used (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

### **3. Results**

#### *3.1 Physical measurements and workstation dimensions*

At baseline, the mean height of the participants was 163.9 cm (SD 9.3 cm) in the intervention group and 163.8 cm (SD 11.4 cm) in the control group, but the difference between the groups was not significant. During the 14-month follow-up the mean growth in the intervention group was 4.5 cm and in the control group 3.4 cm, but the growth difference between the groups was not significant. During the 26-month follow-up the mean growth among the younger age group was 10.6 cm in the intervention and 8.8 cm in the control school and the difference was statistically significant ( $p = .02$ ). At baseline, the mean weight of the participants in the intervention group was 54.9 kg (SD 10.4 kg) and 58.7 kg (SD 9.1 kg) after the 14-month follow-up, and in the control group 57.0 kg (SD 12.6 kg) and 61.6 kg (SD 12.5 kg), respectively. The sitting height in the intervention group was 84.7 cm (SD 5.0 cm) at baseline compared to 85.4 cm (SD 5.3 cm) in the control group. After the 14-month follow-up the mean sitting heights were 86.7 cm (SD 4.3 cm) and 87.3 cm (SD 3.3 cm), and after the 26-month follow-up (the younger age group only) 87.3 cm (SD 3.3 cm) and 86.1 cm (SD 2.9 cm), respectively. The participants did not differ significantly in terms of weight and sitting height at any stage throughout the study.

At both baseline and follow-up, elbow-floor height, desk height and chair height differed significantly between the younger age groups. Among the older participants, however,

elbow-floor height and chair height did not differ between groups at baseline but showed a statistically significant difference during follow-up (Table 1).

Table 1 Elbow-floor height, desk height and chair height (cm) in the intervention and control groups during follow-up (mean, SD)

	Younger group			Older group		
	Intervention school (n=23)	Control school (n=20)	p-value	Intervention school (n=19)	Control school (n=26)	p-value
<b>Elbow-floor height</b>						
Baseline	57.6 (2.4)	59.7 (1.5)	0.001	62.8 (2.5)	61.9 (2.2)	NS
6 months follow-up	85.2 (4.4)	62.1 (3.3)	0.000	93.2 (5.2)	63.3 (2.1)	0.000
10 months follow-up	87.3 (4.0)	64.1 (3.1)	0.000	92.7 (5.0)	65.6 (2.3)	0.000
13 months follow-up	87.1 (4.3)	63.3 (3.0)	0.000	91.6 (6.1)	64.7 (2.3)	0.000
25 months follow-up	87.4 (4.8)	63.5 (1.3) <sup>a</sup>	0.000	-	-	-
<b>Desk height</b>						
Baseline	73.1 (0.3)	73.9 (1.6)	0.019	70.4 (1.6)	75.1 (4.6)	0.000
6 months follow-up	91.9 (4.0)	71.3 (2.7)	0.000	98.8 (5.5)	74.5 (3.5)	0.000
10 months follow-up	93.3 (4.0)	72.1 (2.9)	0.000	98.6 (5.6)	74.4 (3.4)	0.000
13 months follow-up	94.0 (4.2)	72.8 (2.8)	0.000	99.3 (4.9)	74.7 (3.1)	0.000
25 months follow-up	94.8 (4.2)	74.5 (0.8) <sup>b</sup>	0.000	-	-	-
<b>Chair height</b>						
Baseline	42.7 (1.7)	44.0 (0.2)	0.002	44.0 (0.0)	43.7 (1.2)	NS
6 months follow-up	65.9 (3.6)	43.6 (2.7)	0.000	69.1 (4.9)	43.3 (1.3)	0.000
10 months follow-up	66.5 (3.8)	43.5 (2.7)	0.000	68.8 (5.0)	43.4 (1.2)	0.000
13 months follow-up	67.5 (3.7)	43.7 (2.6)	0.000	68.9 (5.5)	44.0 (1.3)	0.000
25 months follow-up	68.2 (4.4)	42.9(0.4) <sup>a</sup>	0.000	-	-	-

<sup>a</sup> n= 17, <sup>b</sup> n= 19, - Not included, NS = Not significant

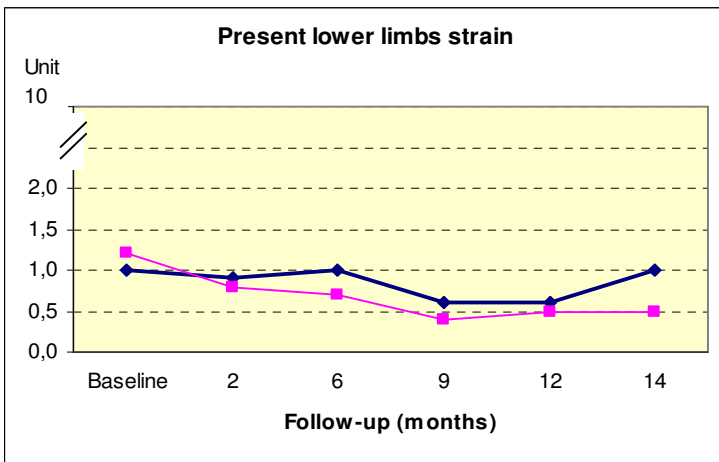
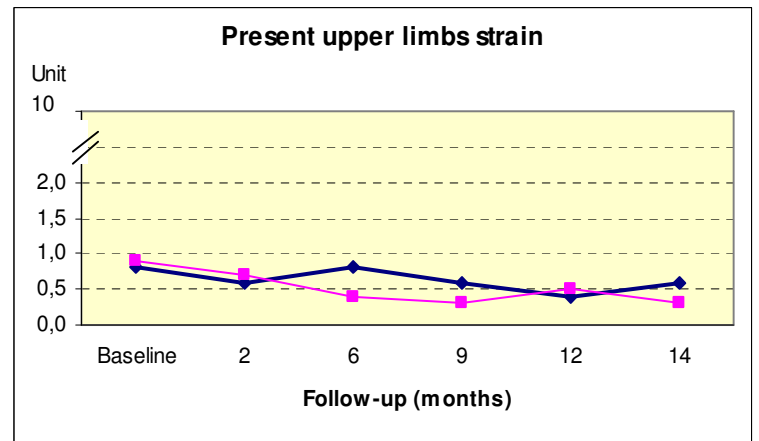
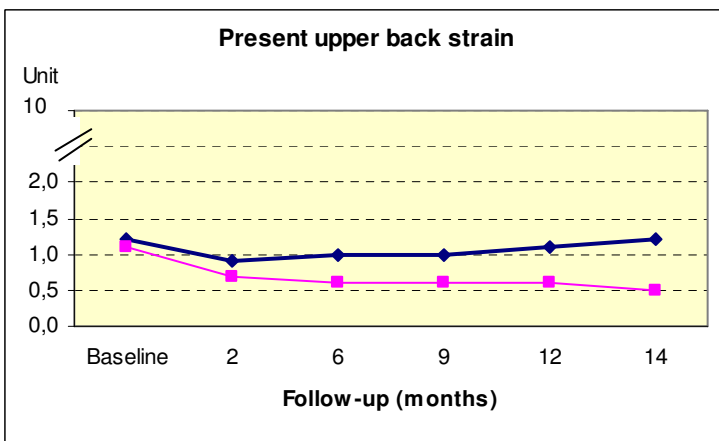
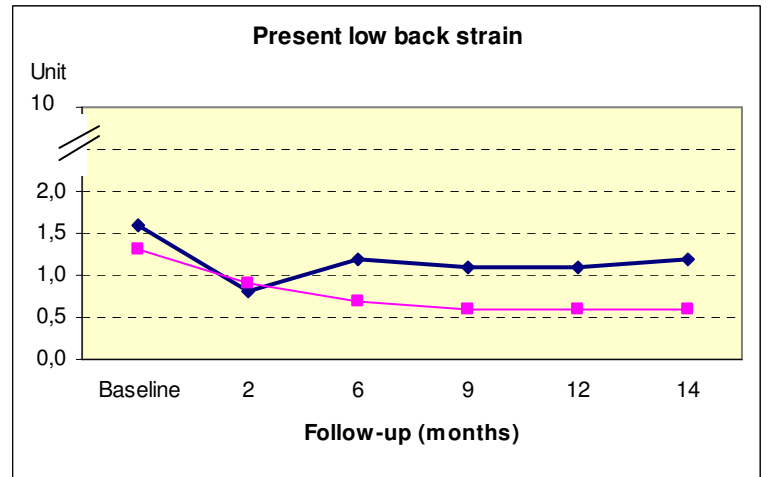
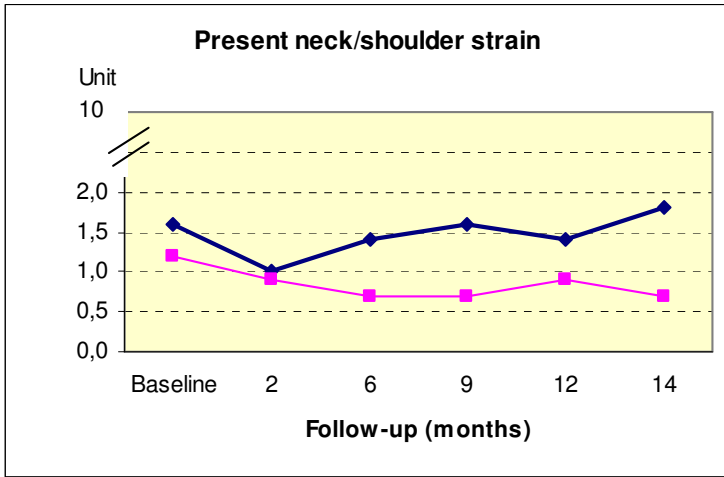
### 3.2 Occurrence of strain and pain symptoms

At baseline, analysis of musculoskeletal strain and pain by dichotomous scale (no/yes) showed that the differences between the groups were statistically non-significant, except for strain in the upper and lower limbs ( $p = .002$ ,  $p = .009$ , respectively) when the proportions of participants without strain were larger in the control group (data not shown). During the 14-month intervention, the control group had more participants in “no pain” and “no strain” category concerning all anatomic sites compared to the intervention group (neck:  $p= .009$ , upper limbs:  $p= .005$ , lower limbs:  $p= .001$ , upper back:  $p= .002$ , low back:  $p= .001$ ). No statistically significant group differences were seen in pain

feelings during the last 6 months in any anatomic site. Although the proportion of participants with no present symptoms increased in the intervention group over time, more asymptomatic participants were seen in the control group compared to the intervention group.

### *3.3 Musculoskeletal strain and pain intensity levels*

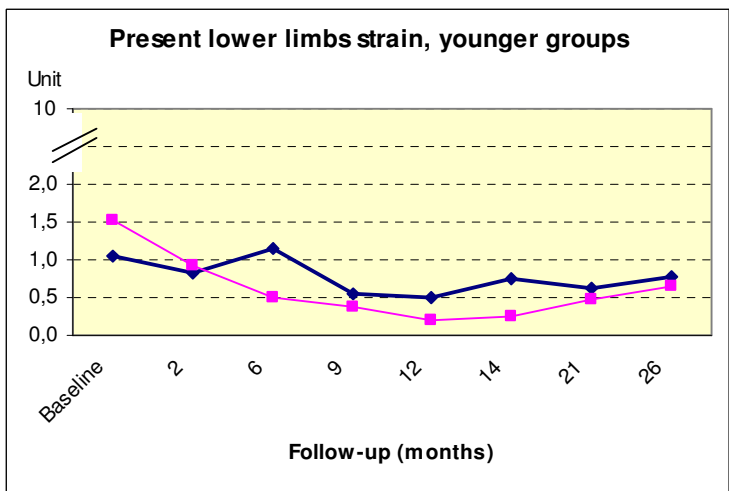
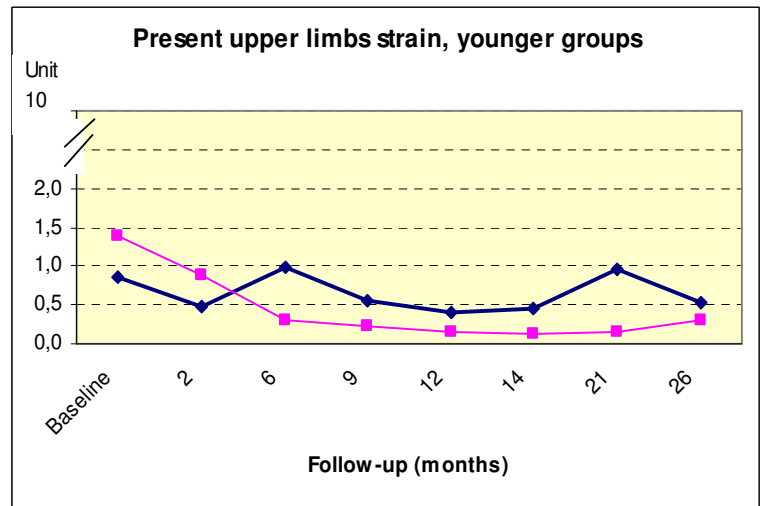
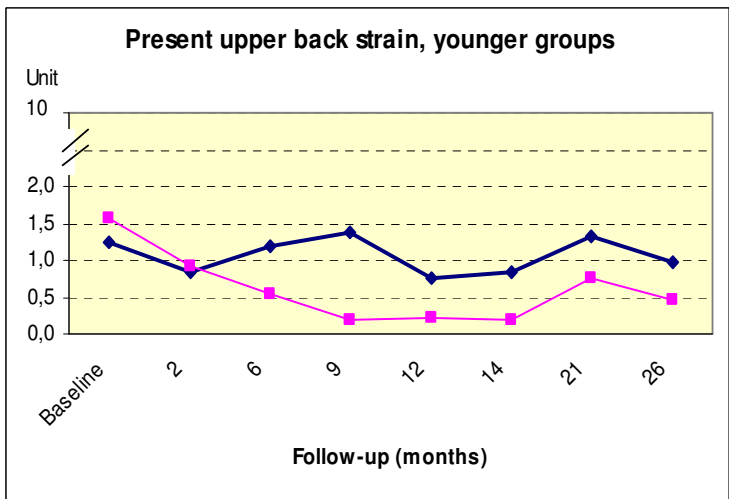
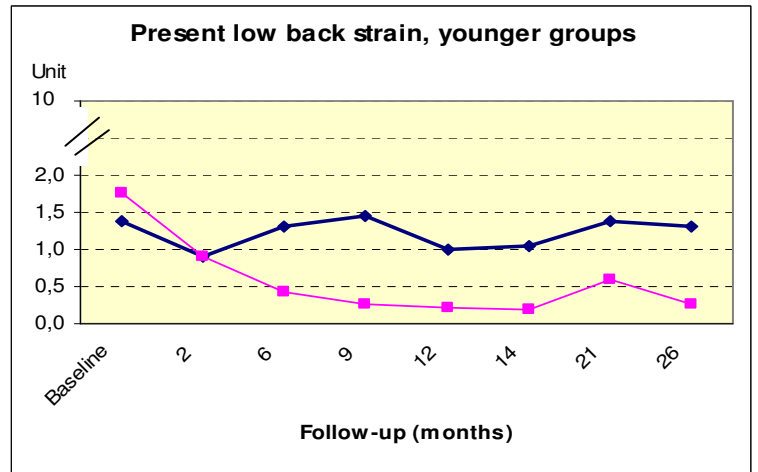
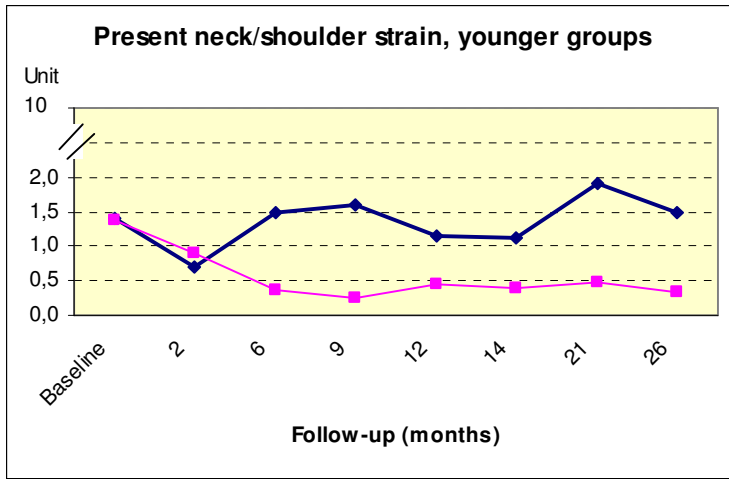
The intensity of musculoskeletal strain and pain symptom levels during the intervention were very low among the participants in both groups but showed a large variation (Figures 1, 2, 3 and 4, Table 2). At baseline, the intervention group had higher intensity levels for nearly all symptoms compared to the control group, yet the difference was not significant. However, for neck/shoulder pain during the last 6 months the difference was significant ( $p = 0.01$ ).



— Intervention group  
 — Control group

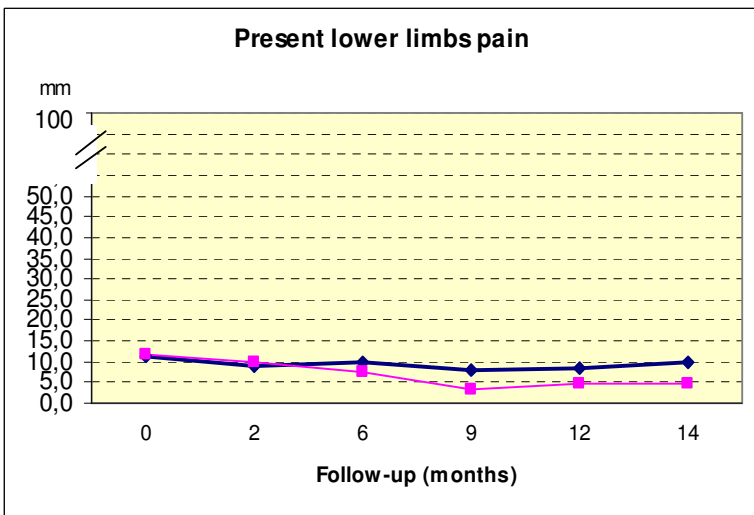
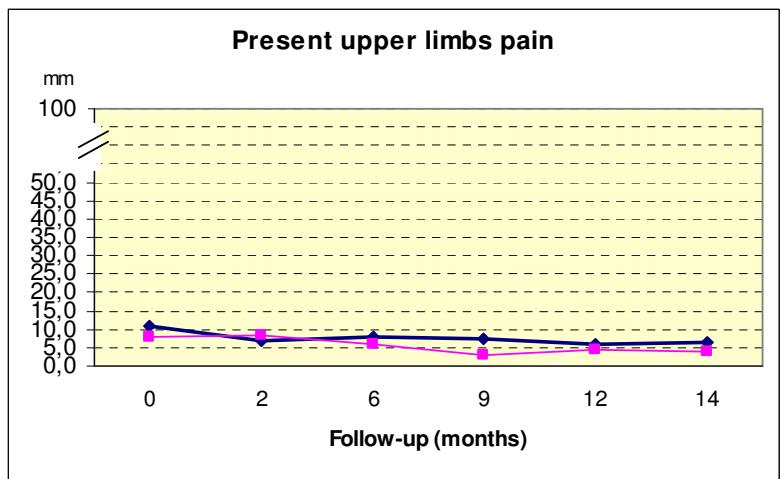
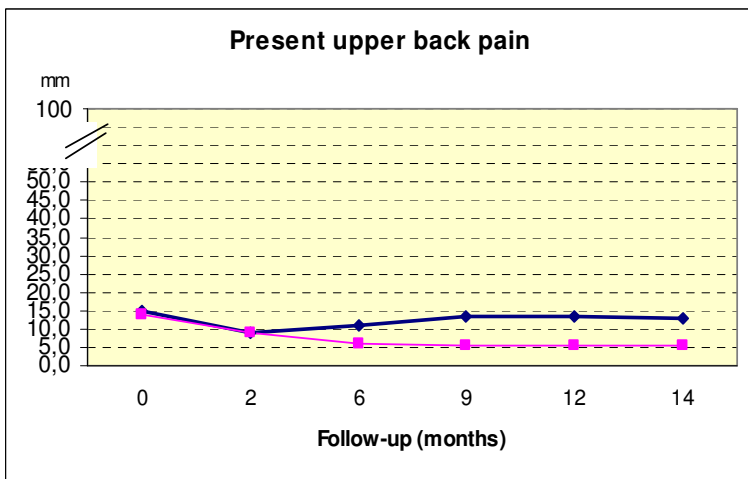
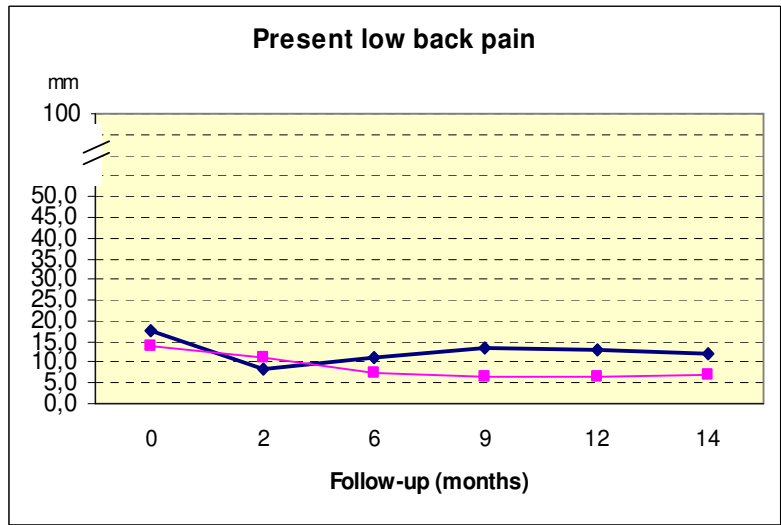
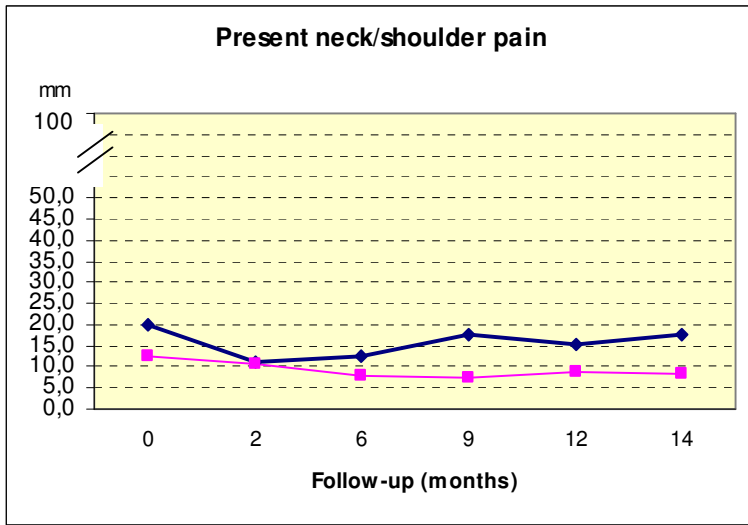
Figure 1 Means of present musculoskeletal strain by anatomic site (Borg, 0-10) during the follow-up in the intervention (n=42) and control (n=46) groups. Participants were 12 and 14-year-olds at baseline.





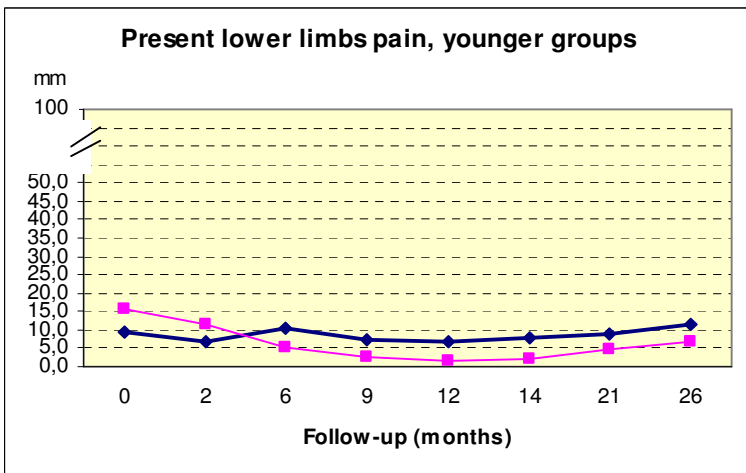
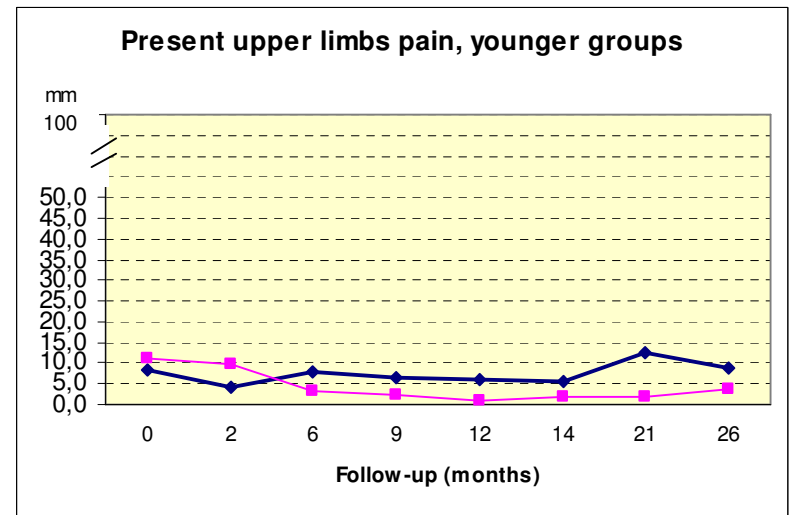
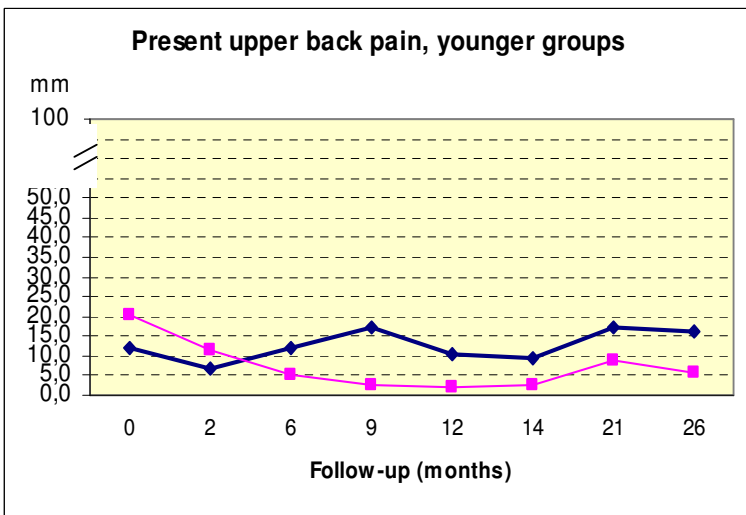
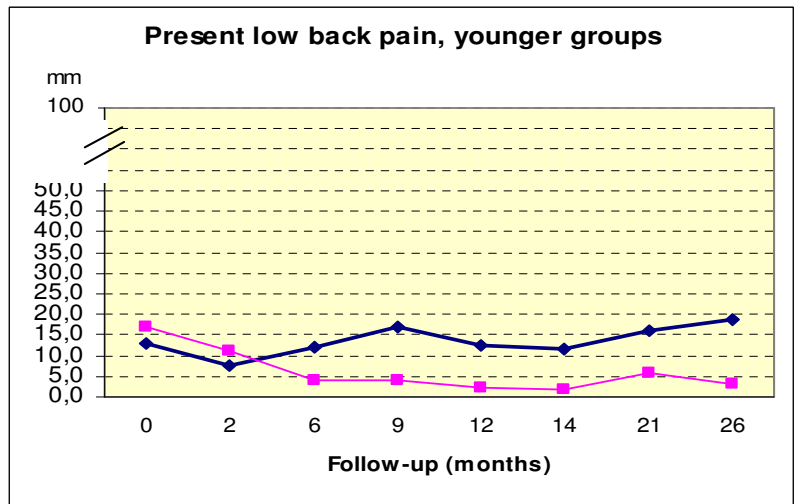
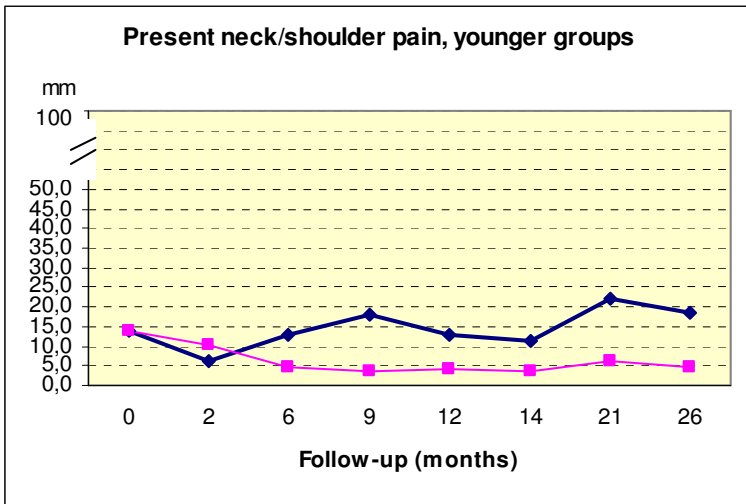
— Intervention group  
— Control group

Figure 2 Means of present musculoskeletal strain by anatomic site (Borg, 0-10) during the follow-up in the intervention (n=23) and control (n=20) groups. Participants were 12-year-olds at baseline.



— Intervention group  
 — Control group

Figure 3 Means of present musculoskeletal pain by anatomic site (VAS, 0-100mm) during the follow-up in the Intervention (n=42) and control (n=46) groups. Participants were 12 and 14-year-olds at baseline.



— Intervention group  
 — Control group

Figure 4 Means of present musculoskeletal pain by anatomic site (VAS, 0-100 mm) during the follow-up in the Intervention (n=23) and control (n=20) groups. Participants were 12 year-olds at baseline.

Table 2 Mean scores on the musculoskeletal pain (VAS, 0-100mm) during the last 6 months in the intervention and control groups.

<b>Follow-up time</b>	<b>Baseline</b>	<b>12 months</b>	<b>21 months<sup>a</sup></b>
<b>PAIN during the last 6 months</b>			
<i>Neck/shoulder</i>			
Intervention	44.5 (26.5) (n=42)	33.4 (25.2) (n=42)	42.0 (23.7) (n=22)
Control	30.2 (27.1) (n=46)	22.3 (20.7) (n=46)	23.1 (27.0) (n=19)
<i>Upper back</i>			
Intervention	27.4 (28.6) (n=42)	24.3 (23.0) (n=42)	41.6 (26.8) (n=22)
Control	22.9 (26.9) (n=46)	16.4 (19.7) (n=46)	13.1 (16.7) (n=19)
<i>Low back</i>			
Intervention	32.5 (28.8) (n=42)	26.4 (25.9) (n=42)	38.3 (24.0) (n=22)
Control	26.1 (29.7) (n=46)	19.7 (22.2) (n=46)	21.7 (24.2) (n=19)
<i>Upper limbs</i>			
Intervention	18.1 (20.2) (n=42)	14.0 (13.1) (n=42)	24.3 (20.3) (n=22)
Control	16.5 (22.7) (n=46)	13.5 (16.3) (n=46)	12.3 (18.1) (n=19)
<i>Lower limbs</i>			
Intervention	21.3 (20.8) (n=42)	18.5 (18.0) (n=42)	26.6 (18.9) (n=22)
Control	19.3 (25.2) (n=46)	17.5 (23.0) (n=46)	13.2 (17.5) (n=19)

<sup>a</sup>Values only for the younger study groups

In the mixed-effects models aimed at explaining the time changes in strain and pain intensity levels during follow-up, the negative estimate of the time effect was interpreted as a course towards lower symptom intensity levels and the positive estimate towards higher symptom intensity levels. In the intervention group, changes in strain and pain intensity levels were statistically non-significant except in the upper limbs where the symptom intensity levels for present strain and pain decreased. In the control group, the intensity levels of most symptoms significantly decreased over time. From this followed that time effects between the groups differed significantly in all strain and present pain

symptom intensity levels except in the upper limbs. Changes in pain intensity levels during the last six months were similar in both groups. The linear mixed-effects model analysis showed that growth as a confounding factor had no effect on musculoskeletal symptoms (Table 3).

Because the older groups decided against continuation of participation, the 26-month analysis was conducted only among the younger participants. The pain intensity levels in the upper back, low back and upper limbs during the last 6 months significantly decreased in the intervention group over time, whereas in the control group the levels remained stable. Likewise, the intensity level of present low back pain increased in the intervention group and decreased in the control group, both significantly. Additionally, when comparing these musculoskeletal symptoms between groups over time, the participants of the control group reported significantly lower levels of musculoskeletal strain and pain intensities compared to the intervention group. Regarding intensity levels of present strain and pain during the last 6 months of the lower limbs, no difference was seen between the groups. Furthermore, the growth as a confounding factor had no effect on musculoskeletal symptoms (Table 4). Further, we modelled the group differences over time with both age groups in the same 2-year analysis, even though the older participants of the control group were absent for the latter part. The results of the mixed-effects model showed no statistical differences compared to the underlying results between the schools.

Table 3 Estimates of the effects and tests for the fitted mixed models for musculoskeletal strain and pain symptoms during 1-year follow-up.

	Time effect on intervention group (n=42)		Time effect on control group (n=46)		F-test for time effects between groups	
	Estimate	t-test P-value	Estimate	t-test P-value	F-value	P-value
<b>Neck/shoulder</b>						
Strain	0.01	NS	-0.04	0.004	7.18	0.008
Present pain	-0.03	NS	-0.14	0.000	8.25	0.004
Pain during the last 6 months	-0.35	NS	-0.28	NS	0.08	NS
<b>Upper back</b>						
Strain	0.00	NS	-0.05	0.001	6.67	0.010
Present pain	-0.01	NS	-0.16	0.000	11.05	0.001
Pain during the last 6 months	0.16	NS	-0.15	NS	0.97	NS
<b>Low back</b>						
Strain	-0.01	NS	-0.06	0.000	7.92	0.005
Present pain	0.01	NS	-0.17	0.000	17.23	<.0001
Pain during the last 6 months	-0.23	NS	-0.17	NS	0.05	NS
<b>Upper limbs</b>						
Strain	-0.03	0.005	-0.05	0.000	0.85	NS
Present pain	-0.09	0.001	-0.14	0.000	1.32	NS
Pain during the last 6 months	-0.00	NS	-0.05	NS	0.03	NS
<b>Lower limbs</b>						
Strain	-0.02	NS	-0.06	0.000	5.81	0.016
Present pain	-0.02	NS	-0.18	0.000	14.76	<.0001
Pain during the last 6 months	-0.06	NS	-0.09	NS	0.01	NS

NS = Not significant

Table 4 Estimates of the effects and tests for the fitted mixed models for musculoskeletal strain and pain symptoms during the 2-year follow-up among younger schoolchildren

	Time effect of intervention group (n=23)		Time effect of control group (n=20)		F-test for time effects between groups	
	Estimate	<i>t</i> -test	Estimate	<i>t</i> -test	F-value	P-value
		P-value		P-value		
<b>Neck/shoulder</b>						
Strain	0.02	NS	-0.05	0.003	14.05	0.000
Present pain	0.06	NS	-0.13	0.000	20.51	<.0001
Pain during the last 6 months	0.27	NS	-0.28	0.042	12.92	0.001
<b>Upper back</b>						
Strain	-0.00	NS	-0.05	0.001	6.32	0.013
Present pain	0.06	NS	-0.14	0.000	18.00	<.0001
Pain during the last 6 months	0.57	0.003	-0.16	NS	10.69	0.002
<b>Low back</b>						
Strain	0.02	NS	-0.06	0.000	17.14	<.0001
Present pain	0.13	0.001	-0.13	0.000	37.79	<.0001
Pain during the last 6 months	0.57	0.002	-0.01	NS	7.46	0.008
<b>Upper limbs</b>						
Strain	-0.01	NS	-0.05	0.000	8.09	0.005
Present pain	0.05	NS	-0.11	0.002	15.56	0.000
Pain during the last 6 months	0.56	0.003	0.01	NS	6.48	0.013
<b>Lower limbs</b>						
Strain	-0.02	NS	-0.04	0.007	1.96	NS
Present pain	0.02	NS	-0.12	0.001	10.53	0.001
Pain during the last 6 months	0.33	NS	-0.01	NS	1.95	NS

NS = Not significant

#### **4. Discussion**

The study could not verify our hypothesis that the ergonomically designed school workstations with saddle chairs and desks with comfort curve for the body would decrease the intensity level of musculoskeletal symptoms among schoolchildren. The overall intensity level of musculoskeletal symptoms was very low both in the intervention and the control group. Furthermore, the level stayed mostly stable over the entire 26-month follow-up in the intervention group, whereas in the control group a decrease in the intensity levels was seen for some symptoms.

Comparability of our findings to those of the previous studies is difficult partly because of the different workstation designs, follow-up times and strain and pain intensity level scales. The follow-up times used in the previous studies have varied from a few months (Aagaard-Hansen and Storr-Paulsen, 1995) to five years (Troussier et al., 1999) and the study designs have been prospective or retrospective. Different strain and pain measurement scales have been used depending on the study focus.

When musculoskeletal symptoms were analysed using a dichotomous scale, our results showed more frequent present pain symptoms in the intervention group compared to the controls. This was in contrast to the findings of Linton et al. (1994) and Koskelo (2006). Our findings concerning pain during the last 6 months were in line with earlier studies (Aagaard-Hansen and Storr-Paulsen, 1995; Troussier et al., 1999; Cardon et al., 2004).



Although the study design in the school was well planned, there were some limitations in the study. The daily exposure to the new design of workstations was shorter than expected in the intervention group due to teaching arrangements, about half of all possible school sitting hours. When lessons were attended in other classrooms, switching between the new and the conventional workstations exposed the children to fluctuation of their spine positions. Children's home sitting behaviour could not be investigated. The intervention group had flat desks at baseline while desks in the control group were adjustable and sloped suggesting that variation in the sitting and working behaviour was possible between the groups already before the intervention. The slope difference of the desks was also significant ( $p = .000$ , not shown in the table) between the groups at baseline but non-significant at follow-up. Because the researcher visited the intervention school more frequently (to adjust the workstations) the participants there may have paid more attention to their musculoskeletal health, which in turn may have influenced their symptom intensity levels.

The older participants of the control group dropped out from the second follow-up period, which lowered the number of participants and also prevented comparison between the older study groups during the second follow-up year. An advantage of the mixed-effects models used here is the absence of need to exclude participants with incomplete data from the analysis as compared to, for example, ANOVA for repeated measures. All the available observations contribute to the statistical inference by virtue of the likelihood-based estimation method (Pinheiro and Bates, 2000). We made an additional linear mixed-effects model analysis of the two-year follow-up, including both age groups, and the results showed no substantial differences compared to the two-year analysis for the younger groups only. Furthermore, no statistically significant difference was found

between those who participated over the full follow-up period and the 13 children who interrupted the follow-up (moved to another city or did not complete the questionnaire).

Being a controlled intervention design was a strength of this study. We also used the intensive follow-up measurements comprising eight measuring points at varying times during the school year, which improved the quality of information on musculoskeletal symptoms. However, because the mean intensity levels of musculoskeletal strain and pain were low in both study groups, the differences between the groups may not have been brought forth. Additionally, the measurement equipment, scales in the questionnaires and times of measurements were identical for both groups.

In this study, strain and pain intensity levels were measured using two well documented scales among adults, a Borg scale (Borg, 1998) and a visual analogue scale (VAS) (Revill et al., 1976), respectively. There are several factors that can modify strain and pain perception in children, particularly age, developmental stage, past experiences, and cultural background. VAS and numerical rating scales are applicable for children (Lamb, 1995; Shields et al., 2003; Tyler, 1993) and adolescents (Spagrud et al., 2003). Studies have revealed no gender differences using those scales (Marinov et al., 2007; Shields et al., 2003). The instructions for respondents at baseline and at follow-up measurements in the beginning of the new semester were detailed and standardized for the children in both study schools.

The use of the numerical Borg's scale simultaneously with VAS combined the information of the present musculoskeletal strain and pain intensity level status. The measurements of the last 6-month pain symptom intensity levels added information, but

left an element of doubt regarding ability to recall prior pain. Eich et al. (1985) found that present pain intensity levels have an assimilative influence on memory for prior pain intensity among adults. If the present level was high, patients rated their prior pain intensity more severe than their pain diaries indicated (Eicht et al., 1985; Feine et al., 1998; Brauer et al., 2003) and vice versa (Eicht et al., 1985; Feine et al., 1998). Consequently, recall of pain intensity might be over- or underestimated. Likewise, Linton and Melin (1982) and Hunfeld et al. (1997) reported overestimated results for the level of prior average pain; our results were in line with that when comparing present pain and pain during the last 6 months.

Our findings provide new information about the effects of new workstation designs on musculoskeletal health among schoolchildren, on which little research and rare interventions have been performed. In order to obtain long-term benefits of ergonomically designed workstations, teachers and school health care professionals should draw schoolchildren's attention to their own sitting habits. In addition, the individual's response to the upright, neutral posture caused by e.g. 'saddle-chairs' and 'desks-with-comfort-curve' needs consideration, remembering that, regardless of the new designs, children have a tendency to sit in stooped postures during lessons. Furthermore, the saddle chairs used in this study enable neutral, upright sitting postures with larger trunk-thigh angle, and the chairs equipped with wheels enable whole body movements with freer lower limb motion compared to conventional chairs without wheels. There is a distinct need for future long-term studies on the relationship between poor postures and musculoskeletal pain in children and adolescents extending to effects into adulthood.

## **Acknowledgments**

We express our gratitude to Marja Vajaranta for revising the language.

This study was funded by the Health Promotion Research Program of the Academy of Finland, the Medical Research Fund of the Tampere University Hospital and the new design of workstations were furnished by Easydoing Ltd/Salli Systems, Rautalampi, Finland.

## References

Aagaard-Hansen, J., Storr-Paulsen, A., 1995. A comparative study of three different kinds of school furniture. *Ergonomics* 38(5), 1025-1035.

Bendix, T., Krohn, L., Jessen, F., Aarås, A., 1985. Trunk posture and trapezius muscle load while working in standing, supported-standing, and sitting positions. *Spine* 10, 433-439.

Borg, G., 1998. Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics, US*.

Brauer, C., Thomsen, J.F., Loft, I.P., Mikkelsen, S., 2003. Can we rely on retrospective pain assessments? *Am. J. Epidemiol.* 157(6), 552-557.

Cardon, G., De Clercq, D., De Boudeaudhuij, I., Breithecker, D., 2004. Sitting habits in elementary schoolchildren: a traditional versus a "Moving school". *Patient Educ. Couns.* 54, 133-142.

Chlebicka, E., 2004. The effect of the "balance chair" on the shape of spinal curvatures in males and females. *Ergonomia IJE&HF* 26(4), 331-228.

Corlett, EN., 2006. Background to sitting at work: research-based requirements for the design of work seats. *Ergonomics* 49(14), 1538-1546.

Eich, E., Reeves, J.L., Jaeger, B., Graff-Radford, SB., 1985. Memory for pain: relation between past and present pain intensity. *Pain* 23, 375-379.

Feine, J.S., Lavigne, G.J., Dao, T.T.T., Morin, C., Lund, J.P., 1998. Memories of chronic pain and perceptions of relief. *Pain* 77, 137-141.

Finnish Institute of occupational health (FIOH), 1986. Dimensions of the workplace. *Ergonomics Bulletin* 4, 3-11.

Hunfeld, J.A.M., Den Deurwaarder, E.S.G., Van Der Wouden, J.C., Van Suijlekom-Smit, L.W.A., Hazebroek-Kampschreur, A.A.J.M., 1997. Measuring chronic pain in children, an exploration. *Percept. Mot. Skills* 84, 1176-1178.

Hunfeld, J.A.M., Passchier, J., Perquin, C.W., Hazebroek-Kampschreur, A.A.J.M., van Suijlekom-Smit, L.W.A., van der Wouden, J.C., 2001. Quality of life in adolescents with chronic pain in the head or at other locations. *Cephalalgia* 21, 201-206.

Keegan, J., 1953. Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *J. Bone Joint Surg.* 35-A, 589-603.

Koskelo, R., 2006. Säädettävien kalusteiden vaikutukset tuki- ja liikuntaelimistön terveyteen lukiolaisilla. Doctoral dissertation, Kuopio University publications D. Medical sciences 394, University of Kuopio. Kuopio.

- Kumar, S., Mital, A., 1992. Margin of safety for the human back: a probable consensus based on published studies. *Ergonomics* 35(7/8), 769-781.
- Lamb, K.L., 1995. Children's ratings of effort during cycle ergometry: An examination of the validity of two effort rating scales. *Ped. Exer. Sci.* 7, 407-421.
- Linton, S.J., Melin, L., 1982. The accuracy of remembering chronic pain. *Pain* 13, 281-285.
- Linton, S., Hellsing, A-L., Halme, T., Åkerstedt, K., 1994. The effects of ergonomically designed school workstation on pupils' attitudes, symptoms and behaviour. *Appl. Ergon.* 25, 299-304.
- Marinov, B., Mandadjieva, S., Kostianev, S., 2007. Pictorial and verbal category-ratio scales for effort estimation in children. *Child: care, health and development* 34(1), 35-43.
- Marschall, M., Harrington, A., Steele, J., 1995. Effect of work station design on sitting posture in young children. *Ergonomics* 38, 1932-1940.
- Murphy, S., Buckle, P., Stubbs, D., 2002. The use of the portable ergonomic observation method (PEO) to monitor the sitting posture of schoolchildren in the classroom. *Appl. Ergon.* 33, 365-370.
- Murphy, S., Buckle, P., Stubbs, D., 2004. Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren. *Appl. Ergon.* 35, 113-120.

Nissinen, M., Heliövaara, M., Seitsamo, J., Alaranta, H., Poussa, M., 1994. Anthropometric measurements and the incidence of low back pain in a cohort of pubertal children. *Spine* 19(12), 1367-1370.

Pinheiro, J.C., Bates, D.M., 2000. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. Springer-Verlag, New York.

Revill, S.I., Robinson, J.O., Rosen, M., Hogg, M.I.J., 1976. The reliability of a linear analogue for evaluating pain. *Anaesthesia* 31, 1191-1198.

Saarni, L., Nygård, C-H., Rimpelä, A., Nummi, T., Kaukiainen, A., 2007a. The working postures among schoolchildren – a controlled intervention study on the effects of newly designed workstations. *J. Sch. Health* 77(5), 240-247.

Saarni, L., Nygård, C-H., Kaukiainen, A., Rimpelä, A., 2007b. Are the desks and chairs appropriate? *Ergonomics* 50(10), 1561-1570.

Salminen, J.J., Erkintalo, (Tertti) M., Laine, M., Pentti J., 1995. Low back pain in the young. A prospective three-year follow-up study of subjects with and without low back pain. *Spine* 20(19), 2101-2108.

Shields, B.J., Palermo, T.M., Powers, J.D., Grewe, S.D., Smith, G.A., 2003. Predictors of a child's ability to use a visual analogue scale. *Child: care, health and development* 29(4), 281-290.



Spagrud, L.J., Piira, T., von Bayer, C.L., 2003. Children's self-report of pain intensity.

AJN 103(12), 62-64.

Troussier, B., Tesniere, C., Fauconnier, J., Grison, J., Juvin, R., Phelip, X., 1999.

Comparative study of two different kinds of school furniture among children.

Ergonomics 42(3), 516-526.

Tyler, D.C., Tu A., Douthit, J., Chapman, R.C., 1993. Toward validation of pain

measurement tools for children: a pilot study. Pain 52, 301-309.