

**This is an electronic reprint of the original article.
This reprint *may differ* from the original in pagination and typographic detail.**

Author(s): Pesola, Arto

Title: Onko istumisen vähentäminen hyödyllistä - tai edes mahdollista?

Year: 2017

Version:

Please cite the original version:

Pesola, A. (2017). Onko istumisen vähentäminen hyödyllistä - tai edes mahdollista?.
Liikunta ja tiede, 54 (1), 36-41. Retrieved from https://fl-cdn.scdn1.secure.raxcdn.com/files/sites/4708/l-t-117_36-41...

All material supplied via JYX is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

Onko istumisen vähentäminen hyödyllistä – tai edes mahdollista?

Päivittäisen istumisajan tiedetään olevan yhteydessä kasvaneisiin terveysriskeihin, vaikka liikuntasuositukset muuten täytyisivät.

Jo hyvin pieni istumisen vähentäminen vaikuttaa ehkäisevän epäedullisia muutoksia.

Istumistutkimus on antanut uuden perspektiivin fyysisesti aktiivisen elämän tavoitteluun. Fyysisesti aktiivisen elämän määritelmän laajentaminen on tärkeää etenkin ihmisille, jotka taistelevat sen ensimmäisen kynnyksen ylittämisestä: sohvalta ylös nousemisesta.

Viime vuosina lisääntynyt epidemiologinen näyttö on osoittanut liiallisen istumisen olevan terveysriski, vaikka henkilö täyttäisi nykyiset liikuntasuositukset (Biswas ym. 2015). Keskeinen istumisen haitallisuutta selittävä konsepti liittyy lihasten passiivisuuteen. Pienenkin istumisen passiivisuutta katkovan lihasaktiivisuuden on ehdotettu ennaltaehkäisevän terveyshaittoja, jota pitkäaikainen passiivisuus aiheuttaa (Hamilton ym. 2007).

Tähän asti istumisen haitallisuutta on kuitenkin tutkittu epäsuorilla menetelmillä, kuten mittaamalla liikkeen vähäisyyttä kiihtyvyyssantureilla tai kysymällä television katsomiseen käytettyä aikaa, mutta lihasten passiivisuutta ei ole mitattu suoraan. Lisäksi suurin osa istumisen terveyshaittoja tukevasta tiedosta on peräisin seurantatutkimuksista tai lyhytaikaisista laboratoriointerventioista, jotka eivät kerro istumisen vähentämisen kausaalisista terveyshyö-

dyistä pitkällä aikavälillä. Lähdimme selvittämään vastauksia näihin kysymyksiin pureutumalla sedentaaritutkimuksen ytimeen: lihasten passiivisuuteen.

Istuminen on inaktiivisuudesta – ja osittain lihasaktiivisuudesta – itsenäinen asia

Vaikka arkijärki sanoo istumisen olevan passiivisen elämäntyylin ilmentymä, sekoitetaan passiivisuus usein kuntoliikunnan puutteeseen. Vuosikymmenten ajan liikuntakirjallisuudessa kontrolliryhmää kuvaava sana ”sedentaari” on usein tarkoittanut ryhmää, joka ei oman arvionsa mukaan täytä nykyisiä liikuntasuosituksia (Bennett ym. 2006). Nämä tutut ja perustellut suositukset jättävät kuitenkin 150 minuutin viikoittaisen liikunnan ulkopuolelle suuren osan valveaoloajasta.

Pitkään koehenkilöt on siis saatettu luokitella

Liikunnan harrastaminen ei näytä täysin suojaavan istumisajalta istumisen terveysriskeiltä.



”sedentaareiksi” toisen, fyysisesti aktiivisen ryhmän perusteella, vaikka todellista sedentaariaikaa ei ole kysytty saati mitattu (Pate ym. 2008). Vuonna 2012 laaja tutkijaverkosto julkaisi ”sedentaariajan” määritelmän, jonka tavoitteena oli konseptoida passiivinen elämäntyyli erilleen inaktiivisesta elämäntyylistä, eli liikuntasuosituksen täyttymättömyydestä (Sedentary Behaviour Research Network 2012). Uuden määritelmän mukaan ”sedentaariaika” tarkoittaa istuvaa tai makaavaa asentoa, jolloin energiankulutus on alle 1,5 aineenvaihdunnan kerrannaista (MET). Sedentaariajan vähentäminen onnistuu siis jo nousemalla tuolista ylös.

Koska fyysinen aktiivisuus määritellään miksi tahansa lihasaktiivisuuden aiheuttamaksi liikkumiseksi, joka lisää energiankulutusta, nimenomaan lihasaktiivisuutta tarvitaan sedentaariajan katkaisemiseksi (Caspersen ym. 1985). Uusi sedentaariajan määritelmä ei kuitenkaan ota kantaa lihasaktiivisuuteen. Vaikka istumisen aikaisen lihasten passiivisuuden on ehdotettu olevan keskeinen tekijä istumisen terveysriskien taustalla, istumisen aikaista lihasaktiivisuutta ei ole aiemmin mitattu suorilla mittareilla.

Laboratoriomittaustemme perusteella istumisen, seisomisen ja normaalin elämän lihasaktiivisuus vaihteli huomattavasti yksilöiden kesken. Keskimää-



rin lihakset olivat passiivisena 90 prosenttia istumisajasta ja lähes 70 prosenttia päivittäisen elämän aikana. Yksilöllisiä eroja kuvannee hyvin se, että osa koehenkilöistä oli aktiivisempia istuessa kuin jotkut muut olivat koko päivittäisen elämänsä aikana. Seistessä lihasaktiivisuuden amplitudi keskimäärin kolminkertaistui istumiseen verrattuna. Ylipainoiset olivat passiivisempia istuessa, mutta heidän lihasaktiivisuutensa oli suurempaa seistessä – ymmärrettävästi heidän korkeamman kehon painonsa vuoksi – verrattuna normaalipainoisiin.

Tuloksemme osoittivat, että istumisen ja seisomisen kuormittavuuden mittaaminen pelkästään nykyisen määritelmän mukaisilla kriteereillä ei välttämättä vastaa suoraan lihaksesta mitattua kuormitusta. Jatkossa olisi mielenkiintoista mitata lihasaktiivisuutta kontrolloitujen istumisen vähentämisen mekanismeja tutkimien interventioiden aikana, jotta tämän pienenkin aktiivisuuden merkitys biomarkkereiden kannalta saataisiin selville.

Lihasten inaktiivisuus on yhteydessä terveysriskeihin

Useiden epidemiologisten tutkimusten mukaan istuminen eri muodoissa on yhteydessä eri sairauksien esiintyvyyteen sekä niitä ennustaviin biomarkkereihin. Nuo yhteydet säilyvät pääosin tilastollisesti itsenäisenä riippumatta keski- tai kovatehoisesta liikunnasta ja muista sekoittavista tekijöistä (Proper ym. 2011; Thorp ym. 2011; Heinonen ym. 2013; Helajärvi ym. 2014; Brocklebank ym. 2015). Omassa tutkimuksessamme havaitsimme, että HDL kolesterolin määrä oli korkeampi, ja triglyseridien määrä matalampi henkilöillä, joilla oli vähän lihaspassiivisuutta (<62 % mittaussajasta) verrattuna niihin, joilla oli paljon lihaspassiivisuutta (>78 % mittaussajasta). Yhteys säilyi merkitsevänä keski- tai kovatehoiseen lihasaktiivisuuteen sekä painoindeksiin vakioinnin jälkeen.

Keskimäärin koehenkilömme olivat nuoria aikuisia, joista lähes kaikki oman raportointinsa mukaan täyttivät terveysliikuntasuositukset aerobisen liikunnan osalta. Vaikka usean tutkimuksen mukaan istumisen terveysriskit säilyvät tilastollisesti itsenäisinä liikunnan harrastamisesta, vain harva on tutkinut objektiivisesti mitatun sedentaarajan terveysriskejä liikuntaa harrastavilla ihmisillä (Matthews ym. 2016). Aiemmat, usein väestötason otoksiin perustuvat löydökset, on saatu lähinnä vanhemmilla, korkeamman vyötärön ympäröitynä omaavilla inaktiivisilla henkilöillä (Healy ym. 2011).

Tuloksemme osoittivat ensimmäistä kertaa yhteyden biomarkkereiden sekä suoraan lihaksesta mitatun passiivisuuden välillä henkilöillä, jotka täyttivät terveysliikuntasuositukset. Voikin olla, että suoraan lihaksesta mitattu passiivisuus antaa uutta ja tarkempaa tietoa passiivisen elämäntyylin ja terveyden yhteyksistä. Kyseessä on kuitenkin vain poikittaisasetelma pienellä tutkimusjoukolla, joten tulokset ovat alustavia eivätkä kerro kausaalisuudesta.

Voiko istumista vähentää?

Koska liikunnan harrastaminen ei näytä täysin suojaavan korkealta istumisajalta tai istumisen terveysriskeiltä, on tärkeää tutkia onko istumisajan vähentäminen hyödyllistä tai mahdollista. Viime vuosina julkaistut muutamat lyhytaikaiset interventiot ovat osoittaneet, että istumisen vähentäminen on mahdollista ja sitä tehokkaampaa, mitä paremmin käytetyt menetelmät on kohdennettu nimenomaan istumisen vähentämiseen (Prince ym. 2014; Martin ym. 2015). Tulokset kuitenkin vaihtelevat arjen eri osa-alueiden kesken, eikä muutosten pysyvyydestä ole vielä juurikaan näyttöä. Koska arkiset istumisruutiinimme muodostuvat hyvin erilaisista rakennetun ja sosiaalisen ympäristön elementeistä työ- ja vapaa-aikana, istumisen vähentämiseen tähtävien menetelmien pitkäaikaista potentiaalia on tärkeää tutkia erikseen näillä osa-alueilla (Owen ym. 2011; Gardner ym. 2016).

Omassa tutkimuksessamme halusimme selvittää työ- ja vapaa-ajan istumisen vähentämiseen tähtäävän perhelähtöisen neuvonnan tehokkuutta. Interventio koostui puolen tunnin luennosta, jossa kerrottiin istumisen haitoista ja arkiliikunnan hyödyistä. Luento seurasi kasvokkain suoritettu perhelähtöinen neuvonta, jossa osallistujat asettivat itselleen ja perheelleen tavoitteita istumisen vähentämiseksi ja tauottamiseksi työ- ja vapaa-aikana.

Suosituimmat tavoitteet sisälsivät yksinkertaisia, pieniä päivittäisiä valintoja. Työaikana haluttiin juoda kahvit seisten, kävellä portaita enemmän ja käydä työkaverin luona setvimässä työasiat kasvotusten chatin käyttämisen sijasta. Vapaa-ajan tavoitteisiin sisältyi perheen yhteisiä juttuja. Kauppatatkoja alettiin taittaa pyörällä, lapset haettiin päiväkodista kävellen ja järjestivät pä jotkut perheet jopa yhteisiä tanssi-iltoja television katsomisen sijasta.

Tärkeintä neuvonnassa oli, että koehenkilöt asettivat tavoitteiksi asioita, jotka he kokivat itselleen sopiviksi ja motivoiviksi. Lisäksi interventioon kuului kaksi puhelua ensimmäisen puolen vuoden aikana,

Vaikka arkijärki sanoo istumisen olevan passiivisen elämäntyylin ilmentymä, sekoitetaan passiivisuus usein kuntoliikunnan puutteeseen.

Seuraava suuri askel on selvittää ovatko istumisen vähentämiseen tähtäävät interventiot tehokkaita, ja onko istumista ylipäätään mahdollista vähentää nykyisessä istumiseen kannustavassa ympäristössämme.

jolloin keskusteltiin tavoitteiden saavuttamisesta ja mahdollisista muutoksista, sekä viisi sähköpostia joissa tarjottiin vinkkejä perheen yhteiseen arkiaktiivisuuteen.

Ennen neuvontaa koehenkilöiden lihakset olivat passiivisena työajalla lähes 80 prosenttia ja vapaa-ajalla hieman yli 60 prosenttia mittaustajasta. Kahdeksan tunnin työaikana passiivisuutta pääsee kertymään siis jo lähes kuusi ja puoli tuntia. Neuvonnan jälkeen lihasten passiivisuuden määrä laski 37 minuuttia päivässä ja samalla pitkien passiivisuusjaksojen kesto lyheni interventioyryhmällä verrattuna kontrolliryhmään. Suurin osa muutoksesta saavutettiin vapaa-ajalla, jossa istumista oli jo valmiiksi vähemmän. Tämä saattaa kertoa työajan vaatimuksista, jolloin istumista on vaikea vähentää töiden kärsimättä. Toisaalta vapaa-aika voi tarjota perheen kanssa mielekästä aktiivista tekemistä sekä ympäristön, jossa istumisen vähentäminen on mahdollista.

Seurasimme intervention vaikuttavuutta kiihtyvyyssanturiteknologialla vuoden ajan. Kun kaikki vuoden aikaiset viisi mittauspistettä otettiin huomioon, oli interventio tehokas vähentämään pelkästään vapaa-ajan sedentaariaikaa interventioyryhmällä verrattuna kontrolliryhmään. Tarkempi tulosten tutkiminen osoitti, että interventioyryhmän sedentaariaika laski vuoden alussa, jonka jälkeen se palasi hiljalleen lähtötasolle vuoden seurannan aikana. Sen sijaan kontrolliryhmän sedentaariaika lisääntyi hieman vuoden aikana, mikä johti tilastollisesti merkitsevään interventiovaikutukseen. Tuloksemme osoittivat, että lyhyellä aikavälillä tehokkaat interventiomenetelmät eivät välttämättä takaa sedentaariajan laskua pitkällä aikavälillä, mutta saattavat olla riittäviä ennaltaehkäisemään sedentaariajan kasvun. Lisäksi on tärkeää huomioida arjen eri osa-alueet muutosten tutkimisessa, sillä intervention vaikuttavuus saattaa vaihdella työ- ja vapaa-ajan kesken.

Voiko istumista vähentämällä saavuttaa terveyshyötyjä?

Epidemiologisen näytön lisäksi istumisen terveysriskien taustalla olevat fysiologiset mekanismit ovat osittain erilaisia kuin ne mekanismit, joihin kovatehoinen liikunta vaikuttaa. Istumisen aikainen lihasten passiivisuus kasvattaa insuliiniresistenssiä ja vaikuttaa rasvahappojen kuljetukseen ja hapetukseen lihaskudoksessa. Tietty arkiaktiivisuuden taso voikin olla tärkeää insuliiniherkkyyteen vaikuttavien aineenvaihduntareittien aktiivisuuden ylläpitämiseksi (Pesola ym. 2016). Kokeellisten laboratoriotutkimusten perusteella insuliiniherkkyyden paran-

tuminen on tehokkaampaa tauottamalla istumista pienellä aktiivisuudella pitkin päivää, kuin kuluttamalla sama energiamäärä yhdellä harjoituskerralla ja istumalla lopun päivää, mikä tukee mekanistista näyttöä istumisen vähentämisen itsenäisistä vaikutuksista (Duvivier ym. 2013; Duvivier ym. 2016). Vaikka lyhytaikaiset hyödyt vaikuttavat lupaavilta, ovat pitkäaikaiset istumisen vähentämiseen normaalin elämän aikana tähtäävät interventiot olleet vielä harvinaisia (Aadahl ym. 2014).

Koska suurin osa istumisen haitallisuutta tukevista tiedoista on peräisin havainnointitutkimuksista, halusimme mitata intervention vaikutuksia kehon koostumukseen ja veren biomarkkereihin. Vuoden aikana apoB/apoA-1 -suhde parani ja paino sekä koko kehon ja jalkojen lihasmassa pysyivät muuttumattomana interventioyryhmällä. Sen sijaan kontrolliryhmän paino nousi noin kilon, koko kehon lihasmassa laski noin prosentin ja jalkojen lihasmassa laski noin puoli prosenttia. Merkitsevät interventiovaikutukset (ryhmä x aika -vaikutukset) säilyivät itsenäisinä keski- tai kovatehoinen aktiivisuuden tai energiansaannin muutoksista. Tutkimuksemme viittaakin siihen, että jo vapaa-ajan sedentaariajan muutos voi tuoda itsenäisiä positiivisia terveyshyötyjä vuoden aikana. Tulos on tärkeä lisä lyhytaikaisille interventioille, jotka on toteutettu riskiväestölle tai joissa ei ole otettu huomioon ruokavalion vaikutuksia biomarkkeiden muutokseen (Aadahl ym. 2014; Danquah ym. 2016). Istumisen vähentäminen saattaa olla tehokasta vähintäänkin ennaltaehkäisemään epäedullisia terveysmuutoksia myös terveillä henkilöillä.

Määritelmistä muutokseen

Tutkimuksemme tulokset osoittavat, että vaikka päivittäinen lihasten aktiivisuus voi koostua hyvin erilaisista aktiivisuusmalleista jopa istuessa, voi istumista vähentämällä vähentää lihasten passiivisuutta. Vuoden aikana sedentaariajan pienikin vähentäminen näytti olevan riittävää ylläpitämään painoa ja lihasmassaa, sekä parantamaan joitain kardiometabolisia muuttujia itsenäisesti keski- tai kovatehoinen aktiivisuudesta tai energiansaannista. Koska väestötason istumismäärät ovat korkeita ja istuminen tyypillisesti lisääntyy ikääntymisen myötä, jo istumisajan kasvun ennaltaehkäisy saattaa olla saavutettava ja tehokas tavoite (Brownson ym. 2005; Matthews ym. 2008; Husu ym. 2016).

Istumisen terveysriskejä selvittävien tutkimusten määrä on kasvanut räjähdysmäisesti viime vuosikymmenten aikana. Tuloksemme tukevat kirjallisuudessa esitettyjä hypoteeseja nimenomaan lihasten passiivisuuden haitallisuudesta ja antavat

alustavaa näyttöä istumisen vähentämisen kausaalisista terveyshyödyistä. Paljon on kuitenkin vielä selvitettävää. Istumisen terveysriskien taustalla olevat mekanismit tunnetaan vielä puutteellisesta, ja lisää innovatiivisia interventioita tarvitaan selvittämään istumisen vähentämisen mahdollisuuksia ja tehokkuutta elämän eri vaiheissa.

Istumistutkimus on antanut uuden perspektiivin fyysisesti aktiivisen elämän tavoitteluun. Fyysisesti aktiivisen elämän määritelmän laajentaminen on tärkeää etenkin ihmisille, jotka taistelevat sen ensimmäisen kynnyksen ylittämisestä: sohvalta ylös nousemisesta. On tärkeää muistaa, että kyse ei ole mustavalkoisesti istumisen kieltämisestä tai vaihtamisesta seisomiseen. Pitkäaikainen seisominen ei ole myöskään hyväksi, vaan usein lepoetki istuen tai kävellen on paikallaan. Tärkeintä on asentojen vaihtelu mielekkäällä ja omaan arkeen sopivalla tavalla. Koska kuntoliikunnan harrastamisen hyödyt ovat

kiistattomat ja suuremmat verrattuna arkiaktiivisuuteen (Chastin ym. 2015), tulee fyysisesti aktiivisesta elämästä puhuttaessa muistaa koko aktiivisuuden kirjo istumisen vähentämisestä liikunnan lisäämiseen. Erilaiset aktiivisuusmallit tältä aktiivisuuden kirjoilta voivat tarjota monipuolisia ja ihmisten eri elämäntilanteisiin ja mieltymyksiin sopivia mahdollisuuksia elää aktiivista ja terveellistä elämää.

ARTO PESOLA, LitT
Jyväskylän yliopisto
Sähköposti: arto.j.pesola@jyu.fi

Kirjoittajan väitöskirja ”Reduced muscle inactivity, sedentary time and cardio-metabolic benefits: effectiveness of a one-year family-based cluster randomized controlled trial” tarkastettiin Jyväskylän yliopistossa 16.12.2016 ja on E-julkaisuna luettavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-6866-3>

NÄIN TUTKITTIIN

Tutkimus koostui neljästä osajulkaisusta, joihin data kerättiin pääasiassa kaksi vuotta kestäneestä perheiden sedentaarajan vähentämiseen tähtäävästä InPACT-projektista (ISRCTN28668090) (Finni ym. 2011). Tähän kaksihaaraiseen klusteri-satunnaistettuun kontrolloituun interventiotutkimukseen valittiin Jyväskylästä seitsemän kaupunginosaparia, jotka vastasivat toisiaan sosioekonomisen taustan ja ympäristön liikuntamahdollisuuksien perusteella, ja jotka arvotettiin koe- ja kontrolliryhmiin. Yhteensä 133 aikuista istumatyöntekijää (BMI<30 kg/m²), joilla oli 3–9 vuotiaita lapsia, osallistui alkumittauksiin.

Interventio koostui puolen tunnin asiantuntija-luennosta ja kasvokkain suoritetusta neuvonnasta. Lisäksi interventioon kuului ensimmäisen puolen vuoden aikana kaksi puhelinkeskustelua tavoitteista ja muutoksista sekä viisi sähköpostiviestiä, joissa annettiin vinkkejä arkiliikuntaan.

Koehenkilöiden lihasten passiivisuutta ja aktiivisuutta mitattiin istuessa, seistessä (artikkeli I), sekä yhden normaalin päivän aikana ennen ja jälkeen neuvonnan (artikkeli III). Sedentaariaikaa (<100

counts/min) sekä keski- tai kovatehoista aktiivisuutta mitattiin kiihtyvyyssanturiteknologialla seitsemän päivän ajan viisi kertaa vuoden aikana kolmen kuukauden välein.

Kardiometaboliset muuttujat mitattiin vastaavissa aikapisteissä ja antropometriset muuttujat mitattiin kolme kertaa vuoden aikana kuuden kuukauden välein. Kolmen arkipäivän ja yhden viikonloppupäivän ruokavaliokysely toteutettiin alussa ja lopussa, ja yhden arkipäivän ruokavaliokysely tehtiin kolme kertaa vuoden aikana.

Intervention vaikuttavuus analysoitiin lineaarisella yhteisvaikutusmallilla REML-sovituksella intention-to-treat -periaatteella (artikkeli IV). Lisäksi 64 henkilön 1–3 päivän lihasaktiivisuus sekä kardiometaboliset muuttujat mitattiin osana EMG24 -projektia (Tikkanen 2014), ja tuo data yhdistettiin intervention lähtötason datan kanssa poikittaisanalyysejä varten (n=150, artikkeli II). Päivittäistä lihasaktiivisuutta verrattiin miesten ja naisten sekä normaalipainoisten ja ylipainoisten kesken, ja yhteyksiä kardiometabolisiin muuttujiin tutkittiin regressioanalyysin avulla.

LÄHTEET:

VÄITÖSKIRJAAN SISÄLTYYVÄT ARTIKKELIT:

I. Pesola AJ, Laukkanen A, Tikkanen O, Finni T. 2016. Heterogeneity of muscle activity during sedentary behavior. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 41(11): 1155–1162.

II. Pesola AJ, Laukkanen A, Tikkanen O, Sipilä S, Kainulainen H, Finni T. 2015. Muscle inactivity is adversely associated with biomarkers in physically active adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 47(6): 1188–1196.

III. Pesola AJ, Laukkanen A, Haakana P, Havu M, Sääkslahti A, Sipilä S, Finni T. 2014. Muscle inactivity and activity patterns after

sedentary-time targeted randomized controlled trial. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 46(11): 2122–2131.

IV. Pesola AJ, Laukkanen A, Heikkinen, R, Sipilä S, Sääkslahti A, Finni T. Objectively measured sedentary work, leisure time and cardio-metabolic biomarkers: effectiveness of a one-year family-based cluster randomized controlled trial. Lähetetty arvioitavaksi.

MUUT LÄHTEET:

Aadahl, M., Linneberg, A., Møller, T.C., Rosenørn, S., Dunstan, D.W., Witte, D.R., & Jørgensen, T. 2014. Motivational counseling to

reduce sitting time: a community-based randomized controlled trial in adults. *American Journal of Preventive Medicine* 47 (5): 576–86.

Bennett, J.A., Winters-Stone, K., Nail, L.M., & Scherer, J. 2006. Definitions of sedentary in physical-activity-intervention trials: a summary of the literature. *Journal of Aging and Physical Activity and Physical Activity* 14 456–477.

Biswas, A., Oh, P.I., Faulkner, G.E., Bajaj, R.R., Silver, M.A., Mitchell, M.S., & Alter, D.A. 2015. Sedentary Time and Its Association With Risk for Disease Incidence, Mortality, and Hospitalization in Adults. *Annals of Internal Medicine* 162 (2): 123–132.

Brocklebank, L.A., Falconer, C.L., Page, A.S., Perry, R., & Cooper, A.R. 2015. Accelerometer-measured sedentary time and cardio-metabolic biomarkers: A systematic review. *Preventive Medicine* 76 92–102.

Brownson, R.C., Boehmer, T.K., & Luke, D.A. 2005. Declining rates of physical activity in the United States: what are the contributors? *Annual Review of Public Health* 26 421–443.

Caspersen, C.J., Powell, K.E., & Christenson, G.M. 1985. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports* 100 (2): 126–31.

Chastin, S.F.M., Palarea-Albaladejo, J., Dontje, M.L., & Skelton, D.A. 2015. Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: A novel compositional data analysis approach. *PLoS ONE* 10 (10): e0139984.

Danquah, I.H., Kloster, S., Holtermann, A., Aadahl, M., Bauman, A., Ersbøll, A.K., & Tolstrup, J.S. 2016. Take a Stand!—a multi-component intervention aimed at reducing sitting time among office workers—a cluster randomized trial. *International Journal of Epidemiology*. doi: 10.1093/ije/dyw009

Duvivier, B.M.F.M., Schaper, N.C., Bremers, M.A., van Crombrugge, G., Menheere, P.P.C.A., Kars, M., & Savelberg, H.H.C.M. 2013. Minimal intensity physical activity (standing and walking) of longer duration improves insulin action and plasma lipids more than shorter periods of moderate to vigorous exercise (cycling) in sedentary subjects when energy expenditure is comparable. *PLoS One* 8 (2): e55542.

Duvivier, B.M.F.M., Schaper, N.C., Hesselink, M.K.C., van Kan, L., Stienen, N., Winkens, B., Koster, A., & Savelberg, H.H.C.M. 2016. Breaking sitting with light activities vs structured exercise: a randomised crossover study demonstrating benefits for glycaemic control and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetologia*. doi: 10.1007/s00125-016-4161-7

Finni, T., Saakslähti, A., Laukkanen, A., Pesola, A., Sipilä, S., Sääkslähti, A., Laukkanen, A., Pesola, A., & Sipilä, S. 2011. A family based tailored counselling to increase non-exercise physical activity in adults with a sedentary job and physical activity in their young children: design and methods of a year-long randomized controlled trial. *BMC Public Health* 11 944. doi:10.1186/1471-2458-11-944.

Gardner, B., Smith, L., Lorencatto, F., Hamer, M., & Biddle, S.J. 2016. How to reduce sitting time? A review of behaviour change strategies used in sedentary behaviour reduction interventions among adults. *Health Psychology Review* 10 (1): 89–112.

Hamilton, M.T., Hamilton, D.G., & Zderic, T.W. 2007. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes* 56 (11): 2655–2667.

Healy, G.N., Matthews, C.E., Dunstan, D.W., Winkler, E.A.H., & Owen, N. 2011. Sedentary time and cardio-metabolic biomarkers in US adults: NHANES 2003-06. *European Heart Journal* 32 (5): 590–7.

Heinonen, I., Helajarvi, H., Pahkala, K., Heinonen, O.J., Hirvensalo, M., Palve, K., Tammelin, T., Yang, X., Juonala, M., Mikkila, V., Kahonen, M., Lehtimäki, T., Viikari, J., & Raitakari, O.T. 2013. Sedentary behaviours and obesity in adults: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *BMJ Open* 3 (6): e002901–e002901.

Helajarvi, H., Rosenström, T., Pahkala, K., Kähönen, M., Lehtimäki, T., Heinonen, O.J., Oikonen, M., Tammelin, T., Viikari, J.S., & Raitakari, O.T. 2014. Exploring causality between TV viewing and weight change in young and middle-aged adults. The cardiovascular risk in Young Finns study. *PLoS ONE* 9 (7): 1–11.

Husu, P., Suni, J., Vähä-Yppä, H., Sievänen, H., Tokola, K., Valkeinen, H., Mäki-Opas, T., & Vasankari, T. 2016. Objectively measured sedentary behavior and physical activity in a sample of Finnish adults: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 16 (1): 920.

Martin, A., Fitzsimons, C., Jepson, R., Saunders, D.H., van der Ploeg, H.P., Teixeira, P.J., Gray, C.M., & Mutrie, N. 2015. Interventions with potential to reduce sedentary time in adults: systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. doi: 10.1136/bjsports-2014-094524

Matthews, C.E., Chen, K.Y., Freedson, P.S., Buchowski, M.S., Beech, B.M., Pate, R.R., & Troiano, R.P. 2008. Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003-2004. *American Journal of Epidemiology* 167 (7): 875–81.

Matthews, C.E., Keadle, S.K., Troiano, R.P., Kahle, L., Koster, A., Brychta, R., Domelen, D. Van, Caserotti, P., Chen, K.Y., Harris, T.B., & Berrigan, D. 2016. Accelerometer-measured dose-response for physical activity, sedentary time, and mortality in US adults 1–3. *The American Journal of Clinical Nutrition* (C): 1–9.

Owen, N., Sugiyama, T., Eakin, E.E., Gardiner, P.A., Tremblay, M.S., & Sallis, J.F. 2011. Adults' sedentary behavior determinants and interventions. *American Journal of Preventive Medicine* 41 (2): 189–96.

Pate, R.R., O'Neill, J.R., & Lobelo, F. 2008. The evolving definition of "sedentary". *Exercise and Sport Sciences Reviews* 36 (4): 173–8.

Pesola, A.J., Pekkonen, M., & Finni, T. 2016. Miksi liiallinen istuminen on vaarallista? *Duodecim* 132 1964–1971.

Prince, S.A., Saunders, T.J., Gresty, K., & Reid, R.D. 2014. A comparison of the effectiveness of physical activity and sedentary behaviour interventions in reducing sedentary time in adults: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Obesity Reviews* (November): 905–919.

Proper, K.I., Singh, A.S., Van Mechelen, W., & Chinapaw, M.J.M. 2011. Sedentary behaviors and health outcomes among adults: A systematic review of prospective studies. *American Journal of Preventive Medicine* 40 (2): 174–182.

Sedentary Behaviour Research Network. 2012. Letter to the Editor: Standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours." *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 37 (3): 540–542.

Thorp, A.A., Owen, N., Neuhaus, M., & Dunstan, D.W. 2011. Sedentary behaviors and subsequent health outcomes in adults: A systematic review of longitudinal studies, 1996-2011. *American Journal of Preventive Medicine* 41 (2): 207–215.

Tikkanen, O. 2014. Physiological loading during normal daily life and exercise assessed with electromyography. PhD Thesis.