

Physical activity and sedentary time in children

Citation for published version (APA):

ten Velde, G. L. (2022). *Physical activity and sedentary time in children: evaluation of daily life activity and effects of an exergame*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Ipskamp.
<https://doi.org/10.26481/dis.20220412gv>

Document status and date:

Published: 01/01/2022

DOI:

[10.26481/dis.20220412gv](https://doi.org/10.26481/dis.20220412gv)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

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

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

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

SUMMARY

Limited physical activity (PA) and a high amount of sedentary time (ST) are associated with an increased risk of the development of chronic diseases such as obesity and cardiovascular diseases. Low PA and high ST during childhood often track into adulthood, further increasing the risk of chronic diseases later in life. Therefore it is important to promote PA and reduce the amount of ST from a young age onwards. International widely accepted public health recommendations include that children should accumulate at least 60 minutes of moderate to vigorous intensity of physical activity (MVPA) daily, preferably including more activities of vigorous intensities, and ST should be minimized. Previous research showed that the majority of children is not sufficiently physically active. More knowledge is needed on current PA patterns and ST with standardized measurement methods to detect PA, in order to draw reliable and valid conclusions. PA and ST are influenced by a wide range of factors, including individual factors and environmental factors. Insight in these factors might help to develop tailored and effective interventions. Further, there is a need for implementing PA interventions that specifically fit the interests of children, as this will likely lead to a sustainable behaviour change.

PA and ST can be measured using objective measurements (e.g. accelerometers) and subjective measurements (e.g. questionnaires). During all our studies, PA and ST were measured objectively with accelerometry, and in two studies PA was additionally measured subjectively with the BAECKE questionnaire.

Overview

The studies presented in this thesis address the following objectives:

- 1) investigating PA, ST and their associations with cardiovascular risk factors in daily life of primary school children (chapter 2),
- 2) investigating PA and ST in children with overweight, obesity and morbid obesity (chapter 3),
- 3) evaluating the implementation process and effects of the exergame BOOSTH on PA among primary school children (chapters 4, 5 and 6) and
- 4) investigating PA and ST in Dutch children during the COVID-19 pandemic (chapter 7).

The study in **chapter 2** investigated PA and ST among Dutch primary school children and their associations with the cardiovascular risk factors BMI Z-score, waist circumference, blood pressure (Z-score) and estimated cardiorespiratory fitness as measured with the 20 meter shuttle run test. We included data of 503 children in the analyses, and the results show that only 42% of them reached the recommended MVPA guideline of 60 min/day. Children spent around 59% of their day in sedentary position. In addition, we found that compared to girls, boys spent significantly more time on total PA (counts per minute).

Regarding the associations with cardiovascular risk factors, we show that higher total PA and MVPA (h/day) were associated with a lower BMI z-score and waist circumference, and positively associated with cardiorespiratory fitness. Higher ST was associated with a higher BMI z-score and waist circumference. However, no significant associations were found between total PA or PA intensities and blood pressure. The findings not only emphasize the need for effective interventions to improve PA levels of children, but also draw attention to the potential benefits of improving MVPA and reducing ST to improve cardiovascular risk factors.

Since children with overweight have a higher risk of developing chronic diseases, we also investigated PA levels and ST in children with overweight, obesity and morbid obesity. **Chapter 3** describes a study on objectively measured PA (total PA, light PA and MVPA) and ST across Dutch children with different weight categories (overweight, obesity and morbid obesity), age groups, and boys and girls. Here we used data of 202 children who were referred to a tailored multidisciplinary program (the Centre for Overweight Adolescent and Children's Healthcare, COACH). The results show that higher PA and less ST were both related to a lower BMI z-score. Remarkably, additional analyses show that there are differences in PA and ST across weight categories, i.e. children with obesity perform less PA and more ST compared to children with morbid obesity, also after correction for age and sex. We also found that boys are more physically active and spend less time sedentary compared to girls, and that PA levels decrease with age in all subcategories of overweight severity. We conclude that PA and ST are different in subgroups of children with overweight, obesity and morbid obesity, depending on sex, age and overweight severity.

The fact that the majority of children does not reach recommended PA guidelines highlights the importance of PA promotion and reducing ST via an intervention that suits the interest of children. Nowadays, the majority of children spend a large amount of their time on digital gaming, which provides new opportunities to increase PA via exergaming. One crucial social and environmental factor that has a significant influence on the amount of PA or ST in children, is school. Therefore we chose to implement an exergame intervention in the primary school setting.

Chapter 4 describes the protocol of the exergame BOOSTH intervention. BOOSTH is an innovative exergame intervention which combines an activity tracker which measures steps per day with an online game in the BOOSTH app. In order to unlock new levels in the online game, a child needs to be physically active (i.e. take steps). In addition, the app included a "BOOSTH battle" to enable competition between groups. To evaluate the effects, a cluster randomized controlled trial was performed in eight intervention and eight control schools. Children at the intervention schools received the BOOSTH activity tracker accompanied with a user manual and an oral instruction how to use BOOSTH from the research team.

No further instructions, activities, or support were part of the intervention. Measurements were performed at baseline, and after three, six and twelve months.

The primary outcome was MVPA (min/day), which was assessed with the Actigraph GT3X accelerometer. In addition, a process evaluation was performed using a mixed methods design. Both quantitative questionnaires and qualitative measurements (focus group interviews) were used.

The effects of the exergame BOOSTH intervention on PA, ST, screen time and motivation towards PA, are presented in **chapter 5**. We compared eight intervention schools, where children received the BOOSTH activity tracker and were given access to the BOOSTH app (i.e. game and battle), with eight control schools, where children followed the standard curriculum. In total, 710 children aged 8 through 12, were included in this study. We found that children in the intervention group on average had a lower MVPA (min/day) and higher ST (min/day) at six months compared to the control group. Furthermore, after six months, children in the intervention group reported lower intrinsic motivation towards PA and longer screen time on a weekday compared to the intervention group. We conclude that solely the implementation of an exergame is not sufficient in increasing PA in children, but that additional support is needed to successfully implement an exergame.

To understand the effectiveness of the intervention better, a process evaluation was performed and described in **chapter 6**. The different components of the process evaluation were assessed using evaluation questionnaires and focus group interviews. The evaluation questionnaires were provided to children and teachers three and six months after the start of the intervention. Parents received a weblink via email with an invitation for the evaluation questionnaire. Qualitative measures included focus group interviews with teachers. After the implementation, 85% of the children reported that they logged into the game. After three months 48% of the children still logged into the BOOSTH app which decreased to 29% at six months. Although BOOSTH is an exergame, not the game itself but the activity tracker was mentioned by children as their favourite part of the intervention. Children did not experience group pressure to join friends in playing the game or joining the battle. Lessons learned from this study underscore the importance of additional personal support for teachers, flawless technical implementation, the introduction of new challenging and tailored games and the stimulation of cooperative and competitive play, when implementing an exergame intervention.

Chapter 7 describes a study on the effect of the COVID-19 measures on screen time and PA in Dutch children pre, during and post school closures. PA, ST and screen time data were collected from two different cohorts.

Cohort A consisted of 102 children (aged 4 through 18) participating in the Children, Obesity and Lifestyle during COVID-19 (COLC) study. This study used self-administered online questionnaires to assess children's PA and screen time prior to and during the COVID-19 pandemic. In cohort B, 131 children (aged 8 through 12) were included. Data on PA and screen time were collected using a questionnaire and in addition, PA was measured with accelerometry 1 year before and after school closure.

The results show that the majority of Dutch children reported lower levels of total PA during the pandemic compared to the period before the pandemic, which was confirmed by accelerometry data in a subgroup of children of cohort B.

Before the pandemic, 64% of the children reached the recommended PA guideline, while only 20% of them reached the guideline during the pandemic. After the controlled lockdown, and consequently the reopening of schools and organized sports, PA levels were still not restored. The results of this study highlight the need for strategies to promote PA and reduce ST, including screen time, in children during the (recovery of the) COVID-19 pandemic and potential future pandemics to prevent long-term health risks.

Finally, **chapter 8** summarizes and discusses the findings of the studies presented in this thesis and provides a description of lessons learned. This chapter also presents recommendations for practice and future perspectives for promoting PA, based on the findings of the studies presented.

Conclusion and recommendations

The main conclusion from the studies presented in this thesis is that the majority of children does not meet the recommended PA guideline of a minimum of 60 minutes per day MVPA, and that due to the measures of the COVID-19 pandemic this amount is further decreased. The substantial differences in the amount of PA and ST in children depend on several individual and environmental determinants, emphasizing the need for tailored interventions. MVPA promotion and reducing ST at a young age are necessary to decrease the risk of developing cardiovascular diseases and consequently of chronic diseases.

PA could be promoted via schools, e.g. physical education, active recess (at schoolyards), active learning and energizers, and via parental encouragement/support, e.g. participating in PA with their child, providing transportation to PA facilities, encouraging the child during (organized) physical activities, stimulating active transport to school and promoting outdoor play.

An exergame could be an additional intervention to promote PA in the school and home setting, however, additional strategies to improve effectiveness and sustainability of exergames are needed.

SAMENVATTING

Te weinig fysieke activiteit en te veel zitten geven een verhoogd risico op het ontwikkelen van chronische aandoeningen zoals obesitas en hart- en vaatziekten. Kinderen die op jonge leeftijd onvoldoende bewegen en veel zitten, doen dat vaak op volwassen leeftijd ook, wat het risico op chronische ziekten later in het leven verder vergroot. Het is daarom belangrijk om op jonge leeftijd en daarna fysieke activiteit te stimuleren en de tijdsduur van zitten ('sedentair gedrag') te verminderen. Wereldwijd geaccepteerde beweegerichtlijnen houden in dat kinderen minimaal 60 minuten per dag fysiek actief zijn op matig tot zware intensiteit, bij voorkeur met activiteiten op zware intensiteit, en dat de duur van sedentair gedrag geminimaliseerd dient te worden.

Eerder onderzoek toonde aan dat het merendeel van de kinderen niet voldoende beweegt. Daaruit blijkt dat meer kennis over de huidige beweegpatronen en sedentair gedrag van kinderen, met gestandaardiseerde methoden om fysieke activiteit te meten, nodig is om zodoende betrouwbare en valide conclusies te formuleren. De hoeveelheid fysieke activiteit en sedentair gedrag worden beïnvloed door een breed scala aan factoren, inclusief individuele en omgevingsfactoren. Inzicht in deze factoren zou kunnen helpen om effectieve en op maat gemaakte interventies te ontwikkelen. Verder is er behoefte aan een interventie die aansluit bij de interesses voor kinderen, aangezien het aannemelijk is dat dit tot een blijvende gedragsverandering leidt. Deze gegevens waren aanleiding tot het onderzoek dat in dit proefschrift wordt beschreven.

De hoeveelheid fysieke activiteit en sedentair gedrag kunnen worden gemeten met objectieve methoden (bijvoorbeeld accelerometers) en subjectieve methoden (bijvoorbeeld vragenlijsten). Tijdens al onze studies hebben we fysieke activiteit en sedentair gedrag objectief gemeten met accelerometers; daarnaast hebben we in twee studies als subjectieve methode de BAECKE vragenlijst gebruikt.

Overzicht

De studies gepresenteerd in dit proefschrift hadden de volgende doelstellingen:

- 1) het onderzoeken van fysieke activiteit en sedentair gedrag in het dagelijks leven van basisschoolleerlingen en de associaties met risico op cardiovasculaire risicofactoren (hoofdstuk 2),
- 2) het onderzoeken van fysieke activiteit en sedentair gedrag bij kinderen met overgewicht, obesitas en morbide obesitas (hoofdstuk 3),
- 3) het evalueren van het implementatieproces en de effecten van de exergame BOOSTH op fysieke activiteit bij basisschoolleerlingen (hoofdstukken 4,5 en 6) en

4) het onderzoeken van fysieke activiteit en sedentair gedrag bij Nederlandse kinderen gedurende de COVID-19 pandemie (hoofdstuk 7).

De studie in **hoofdstuk 2** onderzocht fysieke activiteit en sedentair gedrag bij Nederlandse basisschoolkinderen en hun associaties met de cardiovasculaire risicofactoren: BMI Z-score, middelomtrek, bloeddruk (Z-score) en geschatte cardiorespiratoire fitheid, gemeten met een conditietest over 20 meter (ook wel shuttle run test of piepjestest genoemd). We hebben de gegevens van 503 kinderen meegenomen in de analyses en de resultaten laten zien dat slechts 42% van de kinderen de aanbevolen beweegerichtlijn van 60 minuten matig tot zware fysieke activiteit per dag bereikte. Kinderen besteedden ongeveer 59% van hun tijd sedentair. Bovendien vonden we dat jongens significant meer fysiek actief zijn dan meisjes.

Wat betreft het verband met cardiovasculaire risicofactoren zien we dat een hogere totale fysieke activiteit alsmede matig tot zware fysieke activiteit verband houden met een lagere BMI-z score en middelomtrek, en een hogere cardiorespiratoire fitheid. Een hogere mate van sedentair gedrag houdt verband met een hogere BMI z-score en middelomtrek. Er zijn echter geen associaties gevonden tussen bloeddruk en de totale hoeveelheid fysieke activiteit of fysieke activiteit op een van de intensiteiten. De bevindingen van deze studie benadrukken niet alleen de noodzaak van effectieve interventies om fysieke activiteit te verhogen, maar ook de mogelijke voordelen van het verhogen van matig tot zware fysieke activiteit en het verminderen van de hoeveelheid sedentair gedrag om cardiovasculaire risicofactoren te verkleinen.

Omdat kinderen met overgewicht een hoger risico hebben op het ontwikkelen van chronische ziekten, hebben we ook de hoeveelheid fysieke activiteit en sedentair gedrag onderzocht bij kinderen met overgewicht, obesitas en morbide obesitas. **Hoofdstuk 3** beschrijft een onderzoek naar objectief gemeten fysieke activiteit (totale hoeveelheid fysieke activiteit, fysieke activiteit op lichte intensiteit en matig tot zware fysieke activiteit) en sedentair gedrag bij Nederlandse kinderen met verschillende gewichtscategorieën (overgewicht, obesitas en morbide obesitas), leeftijdsgroepen en geslacht (jongens en meisjes). We hebben gegevens gebruikt van 202 kinderen die zijn doorverwezen naar een multidisciplinair programma (Centre for Overweight Adolescent and Children's Healthcare, COACH). De resultaten laten zien dat fysieke activiteit op een hogere intensiteit en minder sedentair gedrag verband houden met een lagere BMI z-score. Opmerkelijk is dat de resultaten van de aanvullende analyses aantonen dat er verschillen zijn in fysieke activiteit en sedentair gedrag tussen de gewichtscategorieën, d.w.z.: kinderen met obesitas zijn minder fysiek actief en hebben meer sedentair gedrag in vergelijking tot kinderen met morbide obesitas, ook na het corrigeren voor leeftijd en geslacht. Tevens laten de resultaten zien dat jongens fysiek actiever zijn en minder sedentair zijn in vergelijking met meisjes en dat de hoeveelheid fysieke activiteit op alle intensiteiten afneemt met toenemende leeftijd en in alle gewichtscategorieën. We concluderen dat de hoeveelheid fysieke activiteit en

sedentair gedrag verschillend zijn in subgroepen van kinderen met overgewicht, obesitas en morbide obesitas, afhankelijk van geslacht en mate van overgewicht.

Het feit dat het merendeel van de kinderen de aanbevolen beweegrichtlijnen niet haalt, benadrukt het belang van bewegingsstimulering en het verminderen van de hoeveelheid sedentair gedrag via een interventie die past bij de interesses van kinderen. Tegenwoordig besteedt de meerderheid van de kinderen een groot deel van hun tijd aan gamen, wat nieuwe mogelijkheden biedt om fysieke activiteit te verhogen via exergaming. De school is een cruciale sociale en omgevingsfactor die een significante invloed heeft op de hoeveelheid fysieke activiteit en sedentair gedrag bij kinderen. Daarom hebben we ervoor gekozen om een exergame interventie te implementeren in de basisschool.

Hoofdstuk 4 beschrijft het protocol van de interventie met de exergame BOOSTH. BOOSTH is een innovatieve exergame interventie waarin een activiteitenmeter die stappen per dag meet, gecombineerd wordt met een online game in de BOOSTH app. Om een level verder te komen in de online game, moet een kind fysiek actief zijn (d.w.z.: stappen zetten). Daarnaast bevat de app een "BOOSTH battle" om competitie tussen groepen mogelijk te maken. Om de effecten te kunnen evalueren is een gerandomiseerde studie met controlegroep uitgevoerd in 8 interventie- en 8 controlescholen. Kinderen op de interventiescholen kregen van het onderzoeksteam de BOOSTH activiteitenmeter samen met een handleiding en een mondelinge instructie voor het gebruik van BOOSTH. Verdere instructies, activiteiten of ondersteuning maakten geen deel uit van de interventie. Metingen zijn uitgevoerd bij de beginsituatie en na 3, 6 en 12 maanden.

De primaire uitkomstmaat was matig tot zware fysieke activiteit (minuten/dag), gemeten met de Actigraph GT3X accelerometer. Aanvullend is een procesevaluatie uitgevoerd door middel van een gemengde methode, waarbij zowel kwantitatieve vragenlijsten als kwalitatieve metingen (focusgroep interviews) zijn gebruikt.

De effecten van de exergame BOOSTH interventie op fysieke activiteit, sedentair gedrag, schermtijd en motivatie ten aanzien van fysieke activiteit worden gepresenteerd in **hoofdstuk 5**. We hebben 8 interventiescholen, waar kinderen de BOOSTH activiteitenmeter kregen en toegang kregen tot de BOOSTH app (d.w.z. game en battle), vergeleken met 8 controlescholen, waar kinderen het reguliere curriculum volgden. In totaal zijn 710 kinderen in de leeftijd van 8 tot en met 12 jaar in dit onderzoek geïncludeerd. De resultaten laten zien dat na 6 maanden de kinderen in de interventiegroep zich gemiddeld minder matig tot zwaar fysiek inspanden (minuten/dag) en meer sedentair gedrag (minuten/dag), vergeleken met de controlegroep. Bovendien rapporteerden kinderen in de interventiegroep na zes maanden dat ze minder vanuit zichzelf gemotiveerd waren om fysiek actief te zijn en op een doordeweekse dag langer achter een scherm zaten dan de controlegroep. We concluderen dat er naast het invoeren van

een exergame om fysieke activiteit te verhogen, in de basisschool ondersteuning nodig is om deze invoering een succesvol te laten verlopen.

Om de effecten van de interventie beter te begrijpen is een procesevaluatie uitgevoerd die wordt beschreven in **hoofdstuk 6**. De verschillende onderdelen van de procesevaluatie zijn onderzocht door middel van evaluatievragenlijsten en focusgroep interviews. Drie en zes maanden na de start van de interventie zijn de evaluatievragenlijsten aan kinderen en leerkrachten verstrekt. Ouders ontvingen via e-mail een weblink met een uitnodiging voor de evaluatievragenlijst. Kwalitatieve metingen zijn uitgevoerd door middel van focusgroep interviews met leerkrachten. Na de implementatie rapporteerde 85% van de kinderen dat ze hadden ingelogd in de app. Na drie maanden logde 48% van de kinderen nog steeds in op de BOOSTH- app, wat afnam tot 29% na 6 maanden. Alhoewel BOOSTH een exergame is, werd niet de game zelf maar de activiteitenmeter door kinderen genoemd als hun favoriete onderdeel van de interventie. Kinderen ondervonden geen groepsdruk om samen met vrienden het spel te spelen of om mee te doen aan de battle. Uit deze studie leren we: wanneer men een exergame interventie wil invoeren, zijn extra persoonlijke ondersteuning voor docenten van belang, een vlekkeloze technische invoering, de introductie van nieuwe uitdagende en op maat gemaakte games en het stimuleren van spel met samenwerking en competitie.

Hoofdstuk 7 beschrijft een onderzoek naar het effect van de COVID-19 maatregelen op schermtijd en fysieke activiteit bij Nederlandse kinderen voor, tijdens en na het sluiten van de scholen. Gegevens over fysieke activiteit, sedentair gedrag en schermtijd zijn verzameld uit twee verschillende cohorten.

Cohort A bestond uit 102 kinderen (4-18 jaar) die deelnemen aan de COLC-studie (COLC = COVID-19, Obesity and Lifestyle in Children). Tijdens deze studie is fysieke activiteit en schermtijd van kinderen voor en tijdens de COVID-19 pandemie gemeten met digitale vragenlijsten. In cohort B waren 131 kinderen (8-12 jaar) geïncludeerd. Data over fysieke activiteit en schermtijd zijn verzameld door middel van vragenlijsten. Aanvullend is fysieke activiteit objectief gemeten met accelerometers, één jaar voor en na het sluiten van de scholen.

De resultaten laten zien dat het merendeel van de Nederlandse kinderen rapporteerde minder fysiek actief te zijn tijdens de pandemie in vergelijking met de tijd vóór de pandemie. Deze resultaten worden bevestigd door de accelerometriegegevens van een subgroep kinderen uit cohort B.

Vóór de pandemie haalde 64% van de kinderen nog de beweegnorm, terwijl slechts 20% van hen tijdens de pandemie aan deze richtlijn voldeed. Na de lockdown en hiermee ook het heropenen van scholen en de georganiseerde sport, was de hoeveelheid fysieke activiteit van kinderen nog

steeds niet terug op het oude niveau. De resultaten van deze studie benadrukken de noodzaak van strategieën om fysieke activiteit te bevorderen en sedentair gedrag, inclusief schermtijd, te verminderen bij kinderen tijdens (het herstel van) de COVID-19 pandemie en voor mogelijke toekomstige pandemieën, om gezondheidsrisico's op de lange termijn te voorkomen.

Tenslotte worden in **hoofdstuk 8** de belangrijkste bevindingen van de studies in dit proefschrift samengevat en worden geleerde lessen beschreven. In dit hoofdstuk worden ook aanbevelingen voor de praktijk en toekomstperspectieven voor het bevorderen van fysieke activiteit beschreven.

Conclusie en aanbevelingen

De belangrijkste conclusie die kan worden getrokken uit de studies gepresenteerd in dit proefschrift, is dat de meerderheid van de kinderen niet voldoet aan de aanbevolen beweegrichtlijn van minimaal 60 minuten matig tot zware fysieke activiteit per dag, en dat dit aantal verder is gedaald door de maatregelen van de COVID-19 pandemie. De substantiële verschillen in de hoeveelheid fysieke activiteit en sedentair gedrag bij kinderen hangen af van verschillende individuele en omgevingsfactoren, wat de noodzaak van op maat gemaakte interventies versterkt. Het promoten van matig tot zware fysieke activiteit en het verminderen van sedentair gedrag op jonge leeftijd zijn nodig om het risico op het ontwikkelen van cardiovasculaire risicofactoren, en daarmee op chronische ziekten, te verkleinen. Fysieke activiteit kan bevorderd worden via scholen, bijvoorbeeld tijdens de gymles, actieve pauzes (op schoolpleinen), actief leren en energizers, en via aanmoediging/ondersteuning van ouders, bijvoorbeeld gezamenlijk deelnemen aan fysieke activiteit, zorgen voor vervoer naar sportfaciliteiten, het kind aanmoedigen tijdens (georganiseerde) sportactiviteiten, actief vervoer naar school stimuleren en buitenspelen aanmoedigen. Een exergame kan een aanvullende interventie zijn om fysieke activiteit op school en thuis te bevorderen, maar aanvullende strategieën zijn nodig om de effectiviteit en duurzaamheid van exergames te verbeteren.