



Doctoral Thesis

## Objective measurements of physical activities in children

**Author(s):**

Ruch, Nicole

**Publication Date:**

2013

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-009900663> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH N° 21130

**OBJECTIVE MEASUREMENTS OF PHYSICAL ACTIVITIES IN CHILDREN**

**DISSERTATION**

Submitted to

ETH ZURICH

For the degree of

**DOCTOR OF SCIENCES**

by

NICOLE RUCH

MSc, ETH Zurich

born April 22, 1978

citizen of

Ammannsegg (SO)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Urs Boutellier

Dr. Katarina Melzer

Dr. Urs Mäder

2013

## Chapter 1

### Summary

Physical activity (PA) is known to have beneficial effects on several health factors. However, the dose-response relationship between PA and health remains unclear in children, as measuring their PA is difficult due to their highly complex and variable activity behavior. Accelerometers are currently the devices of choice to quantify PA behavior as they are unobtrusive and well accepted by children. However, a field-validated method that recognizes various child-specific activity types using accelerometer data still needs to be developed and applied to the weekly accelerometer data of children to investigate their habitual PA behavior. Furthermore, measuring energy expenditure (EE) is crucial to investigating PA with regard to its intensity. However, unobtrusive methods that relate accelerometer data to EE are still missing for children. The aims of the present thesis were therefore threefold: 1) to develop and validate a classification procedure that allows data collection in free-living conditions and determines the type of child-specific activities on the basis of accelerometry; 2) to demonstrate the potential of a classification procedure to analyze children's habitual PA behavior during an ordinary school week; and 3) to develop a method to estimate the EE of children's activity, specifically by using accelerometer measurements.

For the development and validation of the classification procedure, accelerometer data were collected for seven days from 24 girls (age:  $10.7 \pm 1.7$  y) and 17 boys (age:  $10.6 \pm 1.6$  y). Videos of the children's PA behavior were recorded at several points of time at school and during leisure time. Each second of video data was labelled as one of nine activity classes. A pattern recognition algorithm was trained with the accelerometer data related to the respective video labels of half of the children and

tested against the data from the other half of the children. To investigate the potential of this pattern classification procedure in regard to the children's habitual PA behavior, accelerometer data were collected over a week from 41 children (age:  $10.7 \pm 0.9$  y). The classification procedure was used to recognize the type, frequency and duration of stationary activities, walking, running and jumping. For the development and the validation of the EE estimation algorithm, the children ( $n = 43$ , age:  $9.8 \pm 2.4$  y) performed eight different activities. The children were equipped with one tri-axial accelerometer and a portable gas analyzer. For each activity type, EE prediction equations were developed using the accelerometer and personal data from the children.

The classification procedure developed and validated with the field data recognized 67% of all included activities, of which 90% were stationary, 83% walking, 81% running and 61% jumping. When this classification procedure was applied to the children's weekly accelerometer data, it revealed that they spent 75.5% of the time on stationary activities, 15.6% on walking, 2% on running and 1% on jumping. The median duration of the stationary activities, walking, running and jumping was 4, 2, 1 and 1s, respectively. The developed prediction equations accurately estimated the EE of six activities, but not of cycling (bias: -1.04 metabolic equivalent of task [MET]) and crawling (bias: 0.35 MET).

This thesis developed and validated a classification procedure based on accelerometers and video recordings to recognize children's PA in free-living conditions, which is unique in children's PA research so far. The procedure has been shown to be valid for several activities. When it was applied to the children's weekly data, their PA was characterized by very short, intermittent activity bouts. For the investigation of PA intensity, an activity-specific EE estimation algorithm was developed using accelerometer data. These regressions precisely estimated the EE of several activities, and are therefore a promising approach for future research focusing on the metabolic profile of PA. Overall, this thesis provides methods to investigate the type, frequency duration and intensity of children's activities, which are important aspects, considering the development of objective PA recommendations, the control of PA interventions and the accuracy of PA monitoring.

## Chapter 2

### Zusammenfassung

Genügend körperliche Aktivität (kA) hat erwiesenermaßen verschiedene positive Effekte auf die Gesundheit. Die kA von Kindern zu messen ist schwierig, da deren Aktivitätsverhalten komplex und variabel ist. Beschleunigungsmesser sind im Moment die bevorzugten Geräte um die kA zu messen, da sie den Benutzer nicht stören und bei Kindern gut akzeptiert sind. Jedoch fehlen bisher Methoden die Typen von Aktivitäten von Kindern in ihrem natürlichen Umfeld aufgrund einfacher Beschleunigungsmessung erkennen können. Somit konnte bisher auch nicht gezeigt werden, welche Potential solche Methoden haben um die kindliche kA zu beschreiben. Des Weiteren ist das Messen des Energieverbrauchs (EV) wichtig um die Intensität von kA abzuschätzen. Jedoch fehlen bisher Methoden, die den EV mittels den Daten von Beschleunigungsmessern genau abschätzen können. Die vorliegende Dissertation verfolgte deshalb drei Ziele: 1) Es sollte ein Klassifizierungssystem basierend auf Beschleunigungsmessung entwickelt und validiert werden, das Langzeitmessungen im natürlichen Umfeld von Kindern erlaubt, 2) Das Potential eines solchen Klassifizierungssystems hinsichtlich der Beschreibung der kA von Kindern sollte gezeigt werden, 3) Eine Methode sollte entwickelt werden, die den Energieverbrauch von kindlicher kA aktivitätsspezifisch und anhand von Beschleunigungsmessungen abschätzt.

Für die Entwicklung und die Validierung des Klassifikationssystems wurden während 7 Tagen die Beschleunigungsdaten von 24 Mädchen (Alter:  $10.7 \pm 1.7$  Jahre) und 17 Knaben (Alter:  $10.6 \pm 1.6$  Jahre) aufgezeichnet. Zu verschiedenen Zeitpunkten wurden Videoaufnahmen des Aktivitätsverhaltens des Kindes während der Schule und der Freizeit gemacht. Jede Sekunde dieser Aufnahme wurde als

eine von 9 Aktivitätsklassen kodiert. Ein Klassifikationssystem wurde mit den Beschleunigungsmesserdaten trainiert, die mit den entsprechenden Videokodierung versehen waren. Für diesen Prozess wurden die Daten der einen Hälfte der Kinder benutzt, für das Testen des Algorithmus wurden die Daten der zweiten Hälfte der Kinder benutzt. Um das Potential dieses Klassifikationssystems hinsichtlich der Beschreibung des täglichen Aktivitätsverhaltens von Kindern zu erforschen, wurden die Beschleunigungswerte von 41 Kindern (Alter:  $10.7 \pm 0.9$  Jahre) während einer Woche aufgezeichnet. Das Klassifikationssystem wurde benutzt um Typ, Dauer und Häufigkeit von stationären Aktivitäten, Gehen, Laufen und Hüpfen zu beschreiben. Für die Entwicklung und Validierung des Modells für den EV führten 43 Kinder (Alter:  $9.8 \pm 2.4$  Jahre) die acht verschiedene Aktivitäten aus. Die Kinder wurden mit einem tri-axialen Beschleunigungsmesser und einem portablen Ergospirometer ausgerüstet. Für jeden Aktivitätstyp wurden einzeln Regressionen entwickelt indem die tri-axialen Beschleunigungen zusammen mit individuellen Faktoren benutzt wurden um den EV abzuschätzen.

Das Klassifikationssystem, das mit Feld-erhobenen Daten trainiert und getestet wurde, erkannte 67% der Aktivitäten richtig, wovon 90% stationäre Daten, 83% gehen, 81% laufen und 61% hüpfen waren. Die übrigen Aktivitäten wurden vom Klassifikationssystem nicht erkannt. Als das Klassifikationssystem auf die wochenweise erhobenen Beschleunigungsdaten von Kindern angewendet wurde, zeigte sich, dass die Kinder 75.5% der Zeit mit stationären Aktivitäten, 15.6% mit Gehen, 2% mit Laufen und 1% mit Hüpfen verbrachten. Der Median der Dauer der stationären Aktivitäten, des Gehens, des Laufens und des Hüpfens war 4, 2, 1, und 1 s. Die entwickelten Regressionen schätzten den EV aller Aktivitäten ausser dem Fahrradfahren (Fehler: -1.04 MET) und dem Kriechen (Fehler: 0.35 MET) korrekt ab.

Diese Dissertation entwickelte und validierte ein Klassifikationssystem basierend auf einfacher Beschleunigungsmessung und auf Videoaufnahmen um die kA von Kindern in ihrem natürlichen Umfeld messen zu können was bisher einzigartig in der Aktivitätsforschung bei Kindern ist. Das Klassifizierungssystem war valide für mehrere Aktivitäten. Da damit die wochenweise erhobenen

Beschleunigungsdaten von Kindern analysiert wurden, konnte gezeigt werden, dass ihre kA aus sehr kurzen, intermittierenden Aktivitäten bestand. Um die Intensität von kA untersuchen zu können, wurde ein aktivitätsspezifischer Algorithmus entwickelt, der eine Abschätzung des EV verschiedenen Aktivitäten erlaubt. Die entwickelten Regressionen erwiesen sich als präzise und sind deswegen eine vielversprechende Methode für zukünftige Studien, die auf die genaue Erhebung des EVs abzielen. Insgesamt wurden innerhalb der vorliegenden Dissertation verschiedene Methoden entwickelt um die Art, die Häufigkeit, die Dauer und die Intensität von kinderspezifischen Aktivitäten zu messen, was für die Entwicklung von Empfehlungen hinsichtlich der kA, der Überprüfung von Interventionen, die auf kA abzielen und für die Genauigkeit von Aktivitätsmonitorings wichtig ist.