

¹Beneke R, ²Leithäuser RM

Körperliche Aktivität im Kindesalter – Messverfahren

Physical Activity during Childhood – Methods of Assessment

¹Centre for Sports and Exercise Science, Department of Biological Sciences, University of Essex, United Kingdom

²Biomedical Sciences, Department of Biological Sciences, University of Essex, United Kingdom

ZUSAMMENFASSUNG

Die Meinung, dass sich Kinder in der modernen, technisierten Welt weniger bewegen als zu früheren Zeiten, ist weit verbreitet und trifft auf allgemeine Zustimmung. Leider basieren solche Statements weitgehend auf Spekulation, da zuverlässige Daten über den tatsächlichen Aktivitätsgrad von Kindern rar, wenn überhaupt existent sind. Dieses bewirkt eine zum Teil widersprüchliche und möglicherweise zu geringe Bewertung der körperlichen Aktivität (KA) als Prävention gegen Übergewicht und Fettleibigkeit im Kindes- und Jugendalter. Drei Kategorien von Messverfahren der KA werden unterschieden. Methoden erster Kategorie dienen der direkten Messung der KA selbst (direkte Beobachtung) oder des damit verbundenen Energieverbrauchs (Indirekte Kalorimetrie). Methoden zweiter Kategorie sind die Herzfrequenzmessung, Accelerometrie und Pedometrie. Methoden dritter Kategorie umfassen Selbstreportfragebögen, strukturierte Interviews, Proxy-Reports und Tagebücher. Es besteht hoher Forschungsbedarf im Bereich Messmethoden zur Quantifizierung der KA speziell im Kindes- und Jugendalter, weil es z. Z. unabhängig von Vor- und Nachteilen einzelner Methoden kein optimales Instrument gibt, die KA im Kindes- und Jugendalter zu messen.

Schlüsselwörter: Pädiatrie, Bewegungsverhalten, Gesundheit, Übergewicht, Risikofaktoren, Testgütekriterien

SUMMARY

Most people will support the opinion that children exercise less in our modern technological world compared to previous times. Unfortunately, statements like that are mainly based upon speculation rather than valid and reliable sets of data on the actual activity level of children which are only rarely available if they exist at all. This leads to partly contradictory and possibly an underrated valuation of physical activity (PA) in the prevention of overweight and obesity in childhood and adolescence. Three categories of measuring methods to evaluate PA can be distinguished. Methods of the first category serve to measure PA directly (direct observation) or the energy consumption associated with the PA (indirect calorimetry). Methods of the second category comprise heart rate measurement, accelerometry and pedometry. Self-report questionnaires, structured interviews, proxy-reports and diaries belong to category three. There is a high demand for research in the field of methods used to quantify PA in particular in children and adolescents because currently independent of advantages and disadvantages of individual methods there is no optimal instrument available to measure PA in these age groups.

Key words: Activity monitoring, paediatric exercise, health, obesity epidemic, risk factors, validity, reliability, objectivity

EINLEITUNG

Geringere körperliche Aktivität (KA) zählt zu den wesentlichen Änderungen in den Lebensbedingungen von Kindern in der heutigen Gesellschaft verglichen mit früheren Generationen. Mangelnde KA gilt neben genetischer Determinierung, sozialem Umfeld, Kultur, Umwelt und besonders der permanenten Verfügbarkeit von und chronischen Überernährung mit hochkalorischer kurzzeitig sättigender Nahrung als wesentlicher Faktor für die steil zunehmende Inzidenz der multifaktoriellen Syndrome Übergewicht und Fettleibigkeit speziell bei Kindern in vielen Wohlstandsgesellschaften (1, 8, 10, 16, 30, 39, 45, 52, 59, 66, 109).

EFFEKT

Ein Zusammenhang zwischen geringer KA, dadurch bedingtem reduziertem Energiebedarf, subsequenter relativer Überernährung und Fettleibigkeit erscheint naheliegend und logisch. Vereinzelte Studien beschreiben diesen Zusammenhang (13, 57, 95, 108). Wei-

tere Untersuchungen bestätigten, dass fettleibige Kinder sich pro Tag weniger lange bewegen als normalgewichtige Kinder, die Dauer der KA erklärte jedoch nur weniger als 1 % der Varianz des Übergewichts bzw. der Fettleibigkeit (25). Dies ist vergleichbar gering verglichen mit Faktoren wie Geschlecht, Reifestatus, Geburtsgewicht, Diabetes, Übergewicht während der ersten zwei Lebensjahre oder Body Mass Index der Eltern, die in verschiedenen Kombinationen die Varianz von Übergewicht und Fettleibigkeit bei Kindern in beeindruckender Weise erklärten (25, 45).

Unabhängig davon, dass nicht abschließend geklärt ist, wie und ob KA im Kindes- und Jugendalter der Gesundheit im Altersverlauf dient, werden drei mögliche Wirkmechanismen angenommen: a) KA im Kindes- und Jugendalter steigert die Gesundheit im Jugendalter und dadurch die Gesundheit im Erwachsenenalter (71, 91, 101); b) KA im Kindes- und Jugendalter steigert die KA im Erwachsenenalter und dadurch die Gesundheit im Erwachsenenalter (23, 38, 47, 55, 56, 62, 75, 92); c) KA im Kindes- und Jugendalter steigert direkt die Gesundheit im Erwachsenenalter (15) (Abb. 1). Es existiert keine ausreichende Evidenz für eine der drei Möglichkeiten. Weiterhin besteht zusätzlich Unklarheit darüber, wie eine

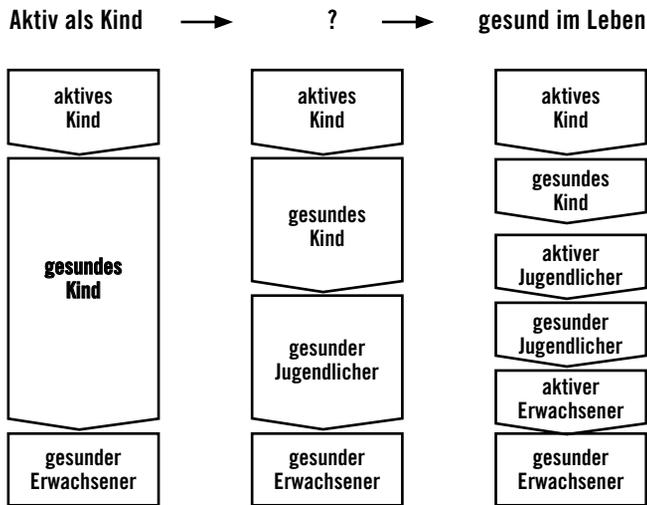


Abbildung 1: Körperliche Aktivität im Kindesalter und mögliche gesundheitliche Wirkung im Lebenslauf.

mögliche Beziehung zwischen KA und gesundheitlichem Effekt gestaltet ist und ob grundsätzlich unterschiedliche Zusammenhänge zwischen einzelnen Komponenten der Gesundheit und KA bestehen. So gibt es zwar Hinweise, dass cardio-pulmonale Fitness und Körperperfekt (7,67,77,100) bzw. Faktoren der geistigen Gesundheit (20,21,69) durch KA günstig beeinflusst werden, ob und wie jedoch ausgewählte Übergewicht und Fettleibigkeit assoziierte Risikofaktoren wie z.B. gesteigerte Insulinresistenz und Typ 2 Diabetes direkt durch KA im Kindesalter beeinflusst werden, ist ungeklärt (88). Generell bleibt festzuhalten, dass gesicherte direkte Zusammenhänge zwischen Art, Intensität und Umfang der KA und ihrer gesundheitlichen Wirkung im Lebenslauf bisher nicht eindeutig beschrieben werden können.

Bezüglich Knochendichte scheint der Zusammenhang zwischen KA und Wirkung auch dadurch bestimmt zu sein, wie KA gemessen wird. Beschreibt man KA als Summe vertikaler Stoßbelastungen, so bestehen Hinweise, dass bereits ein geringer Belastungsumfang erheblichen Nutzen bringen kann, ohne dass höhere Belastungsumfänge den Effekt erheblichen steigern (36,54,77). Wenn man KA jedoch als Energieverbrauch oberhalb der Ruhebedingungen beschreibt, kann der gesundheitliche Nutzen mit zunehmendem Belastungsumfang stärker ansteigen (106).

QUALITÄT UND QUANTITÄT

Die zum Teil widersprüchliche und möglicherweise zu geringe Bewertung von KA im Konzept der Faktoren für Übergewicht und Fettleibigkeit im Kindes- und Jugendalter könnte in der Komplexität der KA liegen. Diese Komplexität ist nicht nur in der extrem hohen Variabilität verschiedener Formen von KA bedingt. Sie wird zusätzlich durch das komplexe zeitliche Profil kindlicher KA kompliziert. KA von Kindern, die nicht durch extern vorgegebene Regeln beeinflusst werden, scheint durch zahlreiche sprunghafte Aktivitätswechsel gekennzeichnet. Es existieren überzeugende Hinweise, dass 95% der KA-Aktionen weniger als 15 s dauern. Niedrig- bis durchschnittlich intensive Aktionen dauern im Median 6 s, wohingegen hochintensive Tätigkeiten im Median auf 3 s

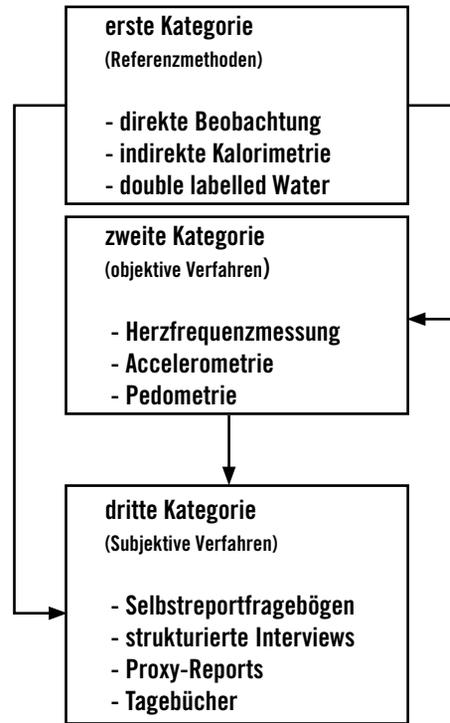


Abbildung 2: Messverfahren körperlicher Aktivität und Hierarchie des Validierungsprozesses.

begrenzt sind (4). Dementsprechend ist es extrem schwierig und aufwändig, das tatsächliche Bewegungsverhalten von Kindern korrekt zu erfassen.

Die Schwierigkeit KA hinreichend korrekt zu erfassen, tritt besonders in epidemiologischen Studien, die hohe Stichprobenumfänge verlangen, zu Tage. Letzteres schwächt die Evidenz für Forderungen nach mehr KA und sport-, bewegungsfreundlichen Lebensbedingungen für Kinder und Jugendliche. Zusätzlich führen unterschiedliche, zum Teil widersprüchliche Betrachtungsweisen und Ergebnisse dazu, dass Empfehlungen zu KA bei Kindern sehr generell gehalten sind und sich, berechtigt oder nicht, wesentlich an Empfehlungen für Erwachsene orientieren (37,40,70,74,94).

Vor dem Hintergrund der o.g. Schwierigkeiten soll dieses Review helfen, Vor- und Nachteile sowie Grenzen grundsätzlich verschiedener Instrumente zur Messung der KA bei Kindern und Jugendlichen zu beurteilen.

MESSVERFAHREN

Unabhängig von der Zielgruppe deren KA-Verhalten interessiert, werden drei verschiedene Gruppen von Instrumenten unterschieden: a) Referenz-Methoden, auch „Goldstandards“ oder Messungen erster Kategorie genannt, b) objektive Verfahren oder Messungen zweiter Kategorie und c) subjektive Verfahren bzw. Messungen dritter Kategorie. Unabhängig von Zielgruppe und Untersuchungsinstrument müssen landesspezifische Ethikrichtlinien beachtet werden.

Methoden erster Kategorie dienen der direkten Messung der KA selbst oder des damit verbundenen Energieverbrauchs. Der gleichwertige Gebrauch von KA und Energieverbrauch kennzeichnet bereits eine Vermischung von Ursache (KA) und Wirkung

(metabolischer Effekt). Dieser Mangel an Differenzierung kann in Abhängigkeit von Fragestellung und Untersuchungsdesign erhebliche Probleme bezüglich Vergleichbarkeit und Interpretation unterschiedlicher Studien bedingen. Unabhängig von diesem häufig vernachlässigten Problem dienen alle Referenz-Methoden als Instrument der direkten Datenerhebung aber auch der Validierung von Verfahren zweiter und dritter Kategorie.

Der Begriff objektive Verfahren ist missverständlich, weil der Gebrauch einer Messung als Referenzmethode nicht nur Validität, sondern zusätzlich hinreichende Objektivität voraussetzt. Validierte Methoden zweiter Kategorie werden auch zur Evaluation sogenannter subjektiver Verfahren dritter Kategorie genutzt (Abb. 2).

METHODEN ERSTER KATEGORIE

Methoden erster Kategorie sind die direkte Beobachtung, indirekte Kalorimetrie und die "Double labelled Water" Methode.

Direkte Beobachtung

Die direkte Beobachtung ist die einzige Methode, die tatsächlich erlaubt, alle Komponenten der KA selbst zu analysieren. Die existierenden Beobachtungskonzepte unterscheiden sich bezüglich der Dauer von Beobachtungsintervallen, der gesamten Beobachtungsdauer, des Differenzierungsgrads der KA-Beschreibung, des Anwendungsgebietes und des Evaluationsgrads (4,27,51,63,64,73,76,79). Die Beobachtungsintervalle variieren mit 3 s (4), 10 s (49,64,79), 15 s (27) oder 60 s (63,73,76). Kontinuierliche Beobachtungszeiten dauern zwischen einer einzelnen Unterrichtseinheit, in der Regel eine Sportstunde lang (63,64,73) oder 4 Stunden im Tagesverlauf zwischen 8 und 20 Uhr (4). KA wird entweder als Intensitätsäquivalent in 3 bis 8 Kategorien (49,63,64) oder als kombinierter Code, der standardisierte Aktionen wie z.B. Sitzen, Klettern, Rennen, Schwimmen etc. mit Intensitätsklassen verbindet (4), dokumentiert.

Die direkten Beobachtungen verlangen sehr hohen Personalaufwand. In ausgewählten Situationen ermöglichen Videoaufzeichnung und retrospektive Analyse diesen Aufwand zu reduzieren. In zahlreichen Ländern verlangt die Videoobservierung im Rahmen spezieller Bestimmungen des Kinder- und Persönlichkeitsschutzes das spezifische Einverständnis durch Vormunde sowie die Garantie, dass Aufzeichnungen nur durch ausdrücklich autorisierte Personen und unter vorab festgelegten Bedingungen betrachtet werden dürfen.

Es ist nicht zu erwarten, dass Sportunterricht das natürliche Bewegungsverhalten von Kindern und Jugendlichen widerspiegelt, weil diese Ergebnisse in hohem Maß durch Interaktion mit und Reaktion auf Lehrpersonen beeinflusst ist. Entsprechende Aussagen zur KA sind somit nur für diese spezielle Situation aussagekräftig. Legt man o.g. Beobachtungen zum zeitlichen Profil kindlicher Aktivitäten zu Grunde (4), erscheinen Beobachtungsintervalle länger als 3 s nur geeignet, um integrale Aussagen basierend auf Mischkalkulationen mit möglicherweise unzutreffenden Aussagen speziell zu hochintensiven Kurzzeitaktionen zu treffen. Gleiches ist für eine Beschränkung auf wenige Intensitätskategorien unabhängig von der Art der Aktivität selbst zu befürchten.

Alle Verfahren der direkten Beobachtung zeichnen sich durch relativ hohe Interobserver-Reliabilität mit Reliabilitätskoeffizienten zwischen ca. 70 und 99% aus. Validierung gegen Herzfrequenz und/oder Sauerstoffaufnahme erscheint sinnvoll bezüglich

einer integralen Abschätzung des KA bedingten Energieverbrauchs mit eindeutigen Limitationen bezüglich des Intensitätsprofils und KA-Effekten auf den Energieverbrauch in Ruhephasen.

Double labelled Water

Double labelled Water ist eine Methode der Wahl, um den Gesamtenergieumsatz über Zeiträume von >3 Tagen zu messen. Das Messprinzip basiert auf der oralen Applikation eines Radioisotops ($2\text{H}_2(18)\text{O}$). Die Elimination von H erfolgt via Wasser, während der O via Wasser oder CO_2 ausgeschieden wird. Die Differenz der beiden Eliminationsraten entspricht der CO_2 Produktion, die als Maß des Energieverbrauchs genutzt wird (86). Bei Erwachsenen wurde diese Methode umfangreich mittels kalorimetrischer Verfahren validiert (48,86,87). Für Kinder wurden lediglich intermittierende indirekt kalorimetrische Messungen als Validierung genutzt (44). Die double labelled Water Methode kann hervorragend unter normalen Lebensbedingungen angewandt werden. Sie verlangt jedoch ein exaktes Ernährungstagebuch und ist relativ kostspielig.

Indirekte Kalorimetrie

Indirekte Kalorimetrie basiert auf der Messung der Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe sowie der Berechnung des Energieverbrauchs aus den über gegebene Zeiträume gemessenen Atemgasmengen. Bei Kindern wird sie seit den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts eingesetzt (9). Messungen können stationär im Labor, heutzutage aber auch unter Feldbedingungen mittels portabler Messsysteme erfolgen. Die Gassammlung erfolgt mittels Mundstück oder Gesichtsmaske. Mundstücke steigern den Speichelfluss und werden nur über begrenzte Zeiträume toleriert. Gesichtsmasken erzeugen im Allgemeinen geringeren Diskomfort und werden über längere Zeitspannen akzeptiert. Speziell bei Kindern kann mangelhafte Passform und dadurch bedingte Undichtigkeiten der Gesichtsmaske Fehlmessungen erzeugen. Obwohl mittlerweile sehr kleine und leichte portable Geräte zur Verfügung stehen, die auch extreme KA relativ unbeeinträchtigt erlauben (11), sollte speziell bei Kindern bedacht werden, dass Zusatzlasten von mehr als 6% der Körpermasse die Bewegungsökonomie negativ beeinflussen und somit den Energieverbrauch für gegebene Tätigkeiten signifikant steigert (12).

METHODEN ZWEITER KATEGORIE

Methoden zweiter Kategorie sind die Herzfrequenzmessung, Accelerometrie und Pedometrie.

Herzfrequenz

Die Herzfrequenz wird als Maß des Energieverbrauchs genutzt, weil über einen weiten Intensitätsbereich ein linearer Zusammenhang zwischen Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme besteht. Unabhängig von altersabhängigen Änderungen der maximalen Herzfrequenzen werden vielfach Frequenzen > 140 min^{-1} und > 160 min^{-1} als Untergrenzen für moderate bzw. schwere KA gewertet (2,3,14,104,105). Leider ist dieser Zusammenhang bei körperlicher Ruhe und sehr geringer KA nicht stabil und durch emotionale Reaktionen und Umweltbedingungen veränderlich (26,58).

Individuelle Messungen der Sauerstoffaufnahme bei gegebener Herzfrequenz und ausgewählten Tätigkeiten scheinen die Validität der Herzfrequenzmessung als Maß des Energieverbrauchs zu erhöhen. Es mindert jedoch nicht die Gefahr zu hoher Vorhersagen bei

übergewichtigen oder fettleibigen im Vergleich zu normalgewichtigen Kindern (17,61).

Accelerometer

Accelerometer messen KA via piezo-elektrischer Signale. Es wird die Anzahl von Beschleunigungsaktionen pro Zeiteinheit in einer oder mehreren Ebenen gemessen. Die Detektoren wurden in den letzten 10 Jahren auf Armbanduhrgröße verkleinert und können somit an verschiedenen Körperregionen ohne Bewegungseinschränkung getragen werden. Accelerometer wurden umfangreichst mittels Surveys, Videoobservation, indirekter Kalorimetrie und double labelled Water validiert. Validitätskoeffizienten lagen zwischen -0.09 und 0.95 (5, 19, 28, 29, 43, 50, 51, 60, 68, 72, 81, 96, 98, 99, 103).

Registrierung von Beschleunigungen in mehreren Ebenen waren nicht eindeutig besser als Messungen in nur einer Ebene. Die Körperstelle, an der das Gerät befestigt ist, beeinflusst das Messergebnis. Die Art der Beeinflussung ist z.Z. nicht eindeutig vorhersehbar. Zahlreiche Aktivitäten, wie Radfahren, verschiedene Sportspielaktionen etc. werden als zu geringe KA erkannt. Einzelne Geräte versuchen dieses Problem durch kombinierte Messung von Herzfrequenz und Beschleunigungen zu bewältigen (93). Ein weiteres ungelöstes Problem der Accelerometrie ist, dass es keine fundierten Standards zur Signalverarbeitung gibt. Optimale Messintervalle sind nicht definiert. Die vielfache Nutzung von 1 min Intervallen ist primär historisch durch die begrenzte Speicherkapazität älterer Messgeräte bedingt. Die Wertung der Signaldichte pro Messintervall als KA-Intensität wird immer noch sehr variabel gehandhabt. Entsprechende Alters- und Körpergrößeneffekte sind ungeklärt.

Pedometer

Pedometer sind eine zweite Methode, direkt Bewegung zu registrieren. Das erste Pedometer wurde bereits im 15. Jahrhundert von Leonardo da Vinci erfunden (32). Schrittzähler sind im Vergleich zu Accelerometern technisch einfacher konstruiert und somit kostengünstiger. Sie wurden gegen standardisierte und unstandardisierte Beobachtung, Accelerometer, Herzfrequenz und indirekte Kalorimetrie mit Validitätskoeffizienten zwischen -0.45 und 0.97 validiert (28, 46, 60, 85). Indirekt kalorimetrische Daten wurden leider nur beim Gehen auf dem Laufband erhoben (28, 60). Messungen am Handgelenk erscheinen ungeeignet, wohingegen Messungen an Fuß oder Hüfte vergleichbare Ergebnisse erzeugen.

METHODEN DRITTER KATEGORIE

Methoden dritter Kategorie umfassen Selbstreportfragebögen, strukturierte Interviews, Proxy-Reports und Tagebücher. Ein grundsätzliches Problem dieser sogenannten subjektiven Verfahren ist, dass sie verlangen, KA, die über längere Zeiträume stattfand, retrospektiv bezüglich Art, Dauer, Häufigkeit, und Intensität hinreichend korrekt zu beschreiben.

Selbstreportfragebögen

Selbstreportfragebögen verlangen nur minimalen finanziellen oder personellen Aufwand. Dadurch bieten sie sich zur Befragung großer Stichproben an. Leider basieren Selbstreports auf der Wiedergabe eigenen Verhaltens. Dies ist potentiell beeinflusst durch Irrtümer, willkürliche Missinterpretation, und sozialkonformes Verhalten. Es ist unklar ab welchem Alter Selbstreportfragebögen sinnvoll eingesetzt werden können. Es gibt jedoch klare Hinweise, dass jüngere

Kinder größere Schwierigkeiten haben korrekt zu antworten. Bei Kindern jünger als 10 Jahre scheint der Einsatz von Fragebögen wenig sinnvoll (41, 80, 97). Diese vielfältigen Einflussfaktoren spiegeln sich auch in der extremen Spanne von Validitätskoeffizienten zwischen -0.26 und 0.88 im Vergleich mit direkter Beobachtung, double labelled Water, Herzfrequenz und Accelerometrie über unterschiedliche Untersuchungszeiträume wider (6, 22, 33, 41, 53, 65, 82, 83, 84, 89, 90, 97, 107).

Strukturierte Interviews

Strukturierte Interviews können Irrtümer und unvollständige Informationen verhindern. Der Einsatz eines Interviewers pro Befragung verlangt jedoch im Vergleich zum Selbstreport immens gesteigerte personelle Ressourcen. Zusätzlich birgt der direkte Kontakt zwischen Interviewer und Proband das Risiko, allgemein positiv bewertete, sozial konforme Antworten zu provozieren. In welchem Umfang die Vermeidung von Missverständnissen oder Interviewer bedingtes Bias im Vergleich zum Selbstreport niedrige Validitätskoeffizienten beim Interview verhindern, ist unklar (81, 84, 102).

Proxy-Reports

Proxy-Reports basieren auf der Annahme, dass dritte Personen wie z.B. Eltern oder Lehrer hinreichend genaue Auskunft über die KA von Kindern geben können. Dieses könnte Fehlinformationen durch Verständnisprobleme sehr junger Kinder vermeiden. Leider sind die wenigen Untersuchungen zur Validität dieses Instruments mit Evaluationsmethoden erster Kategorie bei Validitätskoeffizienten zwischen -0.19 und 0.06 nicht sehr vielversprechend (72). Trotz höherer Übereinstimmungen zwischen Reports von Jugendlichen und Eltern mit Validitätskoeffizienten zwischen 0.34 und 0.64 war auch in dieser Altersgruppe die Übereinstimmung zwischen Reports und objektiven Messmethoden zweiter Kategorie ($-0.14 < r < 0.32$) unbefriedigend (24).

Aktivitätstagebücher

Es gibt nur wenige Studien, die Aktivitätstagebücher gegen Methoden erster oder zweiter Kategorie validierten. Zwei Studien bescheinigen der Tagebuchmethode bei Jugendlichen sehr hohe Genauigkeit im Vergleich zur double labelled Water Methode (18) oder Accelerometermessungen (31), wobei die letztere Studie jedoch leider keine Accelerometerdaten präsentierte.

Einzelne Tagebücher nutzen die Möglichkeit der computerbasierten Datenerhebung. Überprüfungen via Accelerometrie ergaben Validitätskoeffizienten zwischen 0.41 und 0.51 (65, 78). Ein kürzlich entwickeltes Internet basiertes Tagebuch zeigte im Vergleich zu Accelerometrie und Herzfrequenz Validitätskoeffizienten von 0.57 und 0.53 . Die Studie identifizierte jedoch auch eindeutige Schwierigkeiten, die Intensität individueller KA korrekt wiederzugeben (34, 35).

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Unabhängig von Vor- und Nachteilen einzelner Methoden gibt es z.Z. kein optimales Instrument, die KA im Kindes- und Jugendalter zu messen.

Direkte Beobachtung, indirekte Kalorimetrie und double labelled Water Methode messen KA oder Energieverbrauch direkt. Sie gelten als Methoden erster Kategorie und werden auch zur Validierung von Verfahren zweiter Kategorie (Herzfrequenzmessung,

Accelerometrie und Pedometrie) oder dritter Kategorie (Selbstreportfragebögen, strukturierte Interviews, Proxy-Reports und Tagebücher) eingesetzt. Verfahren zweiter Kategorie werden ersatzweise zur Evaluation von Methoden dritter Kategorie genutzt.

Methoden der ersten Kategorie sind sehr aufwändig und nur bei relativ kleinen Stichprobenumfängen nutzbar. Methoden der zweiten und dritten Kategorie sind preiswerter und weniger personalaufwändig. Sie bieten sich somit für hohe Stichprobenumfänge an. Methoden zweiter und dritter Kategorie haben jedoch in Abhängigkeit von der Art der KA und/oder Probandenalter möglicherweise erheblich eingeschränkte Validität. Unabhängig von der Messmethode sind mögliche Validitätsminderungen durch erkrankungsbedingte Bewegungseinschränkungen weitgehend unbekannt.

Die existierenden Instrumente zweiter Kategorie ermöglichen mittlerweile hinreichende Informationen über die Gesamtkonaktivitätsdauer pro Tag zu ermitteln sowie eine relativ grobe Beurteilung des Intensitätsprofils. Accelerometer mit kürzeren Mittelungsintervallen, Frequenzanalysen des Rohsignals sowie die kombinierte Analyse von Accelerometer- und anderen biologischen Signalen bieten Möglichkeiten das quantitative KA-Profil zu entschlüsseln, die systematisch exploriert werden sollten (42,93).

Die Möglichkeiten spezielle Bewegungsformen zu identifizieren sind z.Z. immer noch auf die sehr personalintensive direkte Beobachtung beschränkt. Jüngste Bestrebungen, diese Informationslücke mittels interaktiver internetbasierter Tagebücher zu füllen, zeigen erste vielversprechende Ergebnisse, die jedoch weiter evaluiert werden müssen (Grimwade et al. unpublished).

Die Schwierigkeit KA hinreichend korrekt zu erfassen, tritt somit besonders bei Studien mit hohen Stichprobenumfängen zu Tage. Das tatsächliche Bewegungsverhalten von Kindern ist deshalb weitgehend unbekannt. Somit sind direkte Zusammenhänge zwischen KA-Änderungen und gesundheitlichen Risiken bzw. Problemen wie Übergewicht und Fettleibigkeit im Kindesalter z.Z. immer noch nicht eindeutig belegbar. Folglich basieren aktuelle Empfehlungen zu KA, die von verschiedenen Expertengremien erstellt wurden, auf unzureichenden Daten, sind sehr allgemein gehalten und nahezu identisch zu Stellungnahmen für Erwachsene. Sie verleihen im wesentlichen der Vermutung Ausdruck, dass wenig KA besser ist als keine KA und mehr KA besser sein könnte als wenig KA.

Die Schwierigkeit KA bei großen Stichproben zu messen und ein noch immer unzureichender Informationsstand zur KA und möglichen Interaktionen zwischen KA und Gesundheitsrisiken bzw. -Nutzen im Kindes- und Jugendalter, schwächt die Evidenz für Forderungen nach mehr KA und sport-, bewegungsfreundlichen Lebensbedingungen für Kinder und Jugendliche. Dieser aktuell in höchstem Maße unbefriedigende Informationsstand zur tatsächlichen KA im Kindes- und Jugendalter verdeutlicht den hohen Forschungsbedarf im Bereich Messmethoden. Jüngste Projekte zur Nutzung neuer Technologien im Bereich Biosensoren, Mikroprozessoren, Datenübermittlung und Datenverarbeitung verdeutlichen das hohe Innovationspotential in diesem Forschungsgebiet.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: keine

LITERATUR

1. **AL-HAZZAA HM, AL-RASHEEDI AA:** Adiposity and physical activity levels among preschool children in Jeddah, Saudi Arabia Saudi. Med J 28 (2007) 766-773.
2. **ARMSTRONG N, BALDING J, GENTLE P, KIRBY B:** Patterns of physical activity among 11 to 16 year old British children. BMJ 301 (1990) 203-205.
3. **ARMSTRONG N, WELSMAN JR, KIRBY BJ:** Longitudinal changes in 11-13-year-olds' physical activity. Acta Paediatr 89 (2000) 775-80.
4. **BAILEY RC, OLSON J, PEPPER SL, PORSZASZ J, BARSTOW TJ, COOPER DM:** The level and tempo of children's physical activities: an observational study. Med Sci Sports Exerc 27 (1995) 1033-41.
5. **BALLOR DL, BURKE LM, KNUDSON DV, OLSON JR, MONTOYE HJ:** Comparison of three methods of estimating energy expenditure: caltrac, heart rate, and video analysis. Res Q Exerc Sport 60 (1989) 362-8.
6. **BARANOWSKI T, DWORKIN RJ, CIESLIK CJ, HOOKS P, CLEARMEN D, RAY L, DUNN JK, NADER PR:** Reliability and validity of self report of aerobic activity: Family Health Project. Res Q 55 (1984) 309-317.
7. **BAR-OR O, BARANOWSKI T:** Physical activity, adiposity, and obesity among adolescents. Pediatr Exerc Sci 6 (1994) 348-60.
8. **BARSH GS, FAROOQI S, O'RAHILLY S:** Genetics of body weight regulation. Nature 404 (2000) 644-651.
9. **BEDALE EM:** Energy expenditure and food requirements of children at school. Proc R Soc (London) 94 (1923) 368-404.
10. **BELLISLE F, ROLLAND-CACHERA MF:** Kellogg Scientific Advisory Committee Three consecutive (1993, 1995, 1997) surveys of food intake, nutritional attitudes and knowledge, and lifestyle in 1000 French children, aged 9-11 years. J Hum Nutr Diet 20 (2007) 241-251.
11. **BENEKE R, BEYER TH, JACHNER CH, ERASMUS J, HÜTLER M:** Energetics of Karate Kumite. Eur J Appl Physiol 92 (2004) 518-523.
12. **BENEKE R, NOTTEBAUM K, DUMKE A, HÜTLER M:** Does the weight of a portable spirometric system affect running economy? Pflügers Arch Eur J Physiol 435 (1998) 230.
13. **BERKEY CS, ROCKETT HR, GILLMAN MW, COLDITZ GA:** One-year changes in activity and in inactivity among 10- to 15-year-old boys and girls: relationship to change in body mass index. Pediatrics 111 (2003) 836-843.
14. **BIDDLE S, MITCHELL J, ARMSTRONG N:** The assessment of physical activity in children: a comparison of continuous heart rate, self-report and interview techniques. Br J Phys Educ Res 10 (1991) 4-8.
15. **BLAIR SN, CLARK DG, CURETON K:** Exercise and fitness in childhood: implications for a lifetime of health. In: Gisolfi CV, Lamb DR (Hrsg): Perspectives in exercise science and sports medicine. McGraw-Hill, New York (NY), 1989, 605-613.
16. **BOOTH ML, CHEY T, WAKE M, MORTON K, HESKETH K, DOLLMAN J, ROBERTSON I:** Change in the prevalence of overweight and obesity among young Australians, 1969-1997. Am J Clin Nutr 77 (2003) 29-36.
17. **BRADFIELD RB, CHAN H, BRADFIELD NE, PAYNE PR:** Energy expenditures and heart rates of Cambridge boys at school. Am J Clin Nutr 24 (1971) 1461-1466.
18. **BRATTEBY LE, SANDHAGEN B, FAN H, SAMUELSON G:** A 7-day activity diary for assessment of daily energy expenditure validated by the doubly labelled water method in adolescents. Eur J Clin Nutr 51 (1997) 585-591.
19. **BRAY MS, WONG WW, MORROW JRJ, BUTTE NF, PIVARNIK JM:** Caltrac versus calorimeter determination of 24-h energy expenditure in female children and adolescents. Med Sci Sports Exerc 26 (1994) 1524-1530.
20. **CALEAS KJ, TAYLOR WC:** Effects of physical activity on psychological variables in adolescents. Pediatr Exerc Sci 6 (1994) 406-423.
21. **COMACHO TC, ROBERTS RE, LAZARUS NB, KAPLAN GA, COHEN RD:** Physical activity and depression: evidence from the Alameda county study. Am J Epidemiol 19 (1991) 103-122.
22. **CRAIG SB, BANDINI LG, LICHTENSTEIN AH, SCHAEFER EJ, DIETZ WH:** The impact of physical activity on lipids, lipoproteins, and blood pressure in preadolescent girls. Pediatrics 98 (1996) 389-395.
23. **CUMMINGS SR, KELSY JL, NEVITT MD, O'DOWD KJ:** Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures. Epidemiol Rev 7 (1985) 178-208.

24. DOWDA M, PATE RR, SALLIS JF, FREEDSON PS, TAYLOR WC, SIRARD JR, TROST SG: Agreement between student-reported and proxy-reported physical activity questionnaires. *Pediatr Exerc Sci* 19 (2007) 310-318.
25. EKELUND U, SARDINHA LB, ANDERSSON SA, HARRO M, FRANKS PW, BRAGE S, COOPER AR, ANDERSEN LB, RIDDOCH C, FROBERG K: Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-year-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am J Clin Nutr* 80 (2004) 584-590.
26. EMONS HJ, GROENENBOOM DC, WESTERTEP KR, SARIS WH: Comparison of heart rate monitoring combined with indirect calorimetry and the doubly labelled water (2H₂(18)O) method for the measurement of energy expenditure in children. *Eur J Appl Physiol* 65 (1992) 99-103.
27. EPSTEIN LH, MCGOWAN C, WOODALL K: A behavioral observation system for free play activity in young overweight female children. *Res Q Exerc Sport* 55 (1984) 180-183.
28. ESTON RG, ROWLANDS AV, INGLEDEW DK: Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activity. *J Appl Physiol* 84 (1998) 362-371.
29. FAIRWEATHER SC, REILLY JJ, GRANT S, WHITTAKER A, PATON JY: Using the Computer Science and Applications (CSA) activity monitor in preschool children. *Pediatr Exerc Sci* 11 (1999) 413-420.
30. FREEDMAN DS, SRINIVASAN SR, VALDEZ RA, WILLIAMSON DF, BERENSON GS: Secular increases in relative weight and adiposity among children over two decades: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 99 (1997) 420-426.
31. GARCIA AW, PENDER NJ, ANTONAKOS CL, RONIS DL: Changes in physical activity beliefs and behaviors of boys and girls across the transition to junior high school. *J Adolesc Health* 22 (1998) 392-402.
32. GIBBS-SMITH C: *The Inventions of Leonardo da Vinci*. London: Phaidon Press; (1978) 84.
33. GORAN MI, HUNTER G, NAGY TR, JOHNSON R: Physical activity related energy expenditure and fat mass in young children. *Int J Obes* 21 (1997) 171-178.
34. GRIMWADE D, ANGUS C, COOPER A, BENEKE R: Validation of an innovative self-report instrument measuring activity in children. *Med Sci Sports Exerc* 38 (2006) 567.
35. GRIMWADE D, ANGUS C, BENEKE R: Can adolescents accurately self-report activity intensity levels? *Med Sci Sports Exerc* 39 (2007) 184.
36. GROTHAUSEN J, SIEMER H, KEMPER HCG, TWISK J, WELTEN DC: Influence of peak strain on lumbar bone mineral density: an analysis of 15-year physical activity in young males and females. *Pediatr Exerc Sci* 9 (1997) 159-173.
37. HASKELL WL, LEE IM, PATE RR, POWELL KE, BLAIR SN, FRANKLIN BA, MACERA CA, HEATH GW, THOMPSON PD, BAUMAN A: Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 39 (2007) 1423-1434.
38. HELMRICH SP, RAGLAND DR, LEUNG RW, PAFFENBERGER RS JR: Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 3-25 (1991) 147-52.
39. HILL JO, PETERS JC: Environmental contributions to the obesity epidemic. *Science* 280 (1998) 1371-1374.
40. JANSSEN I: Physical activity guidelines for children and youth. *Can J Public Health* 98 (2007) 109-121.
41. JANZ KF, WITT J, MAHONEY LT: The stability of children's physical activity as measured by accelerometry and self-report. *Med Sci Sports Exerc* 27 (1995) 1326-32.
42. JOHANSSON PH, ROSSANDER-HULTHÉN L, SLINDE F, EKBLUM B: Accelerometry combined with heart rate telemetry in the assessment of total energy expenditure. *Br J Nutr* 95(3) (2006) 631-9.
43. JOHNSON RK, RUSS J, GORAN MI: Physical activity related energy expenditure in children by doubly labelled water as compared with the Caltrac accelerometer. *Int J Obes Relat Metab Disord* 22 (1998) 1046-52.
44. JONES PJ, WINTHROP AL, SCHOELLER DA, SWYER PR, SMITH J, FILLER RM, HEIM T: Validation of doubly labelled water for assessing energy expenditure in infants. *Pediatr Res* 21 (1987) 242-6.
45. JOURET B, AHLUWALIA N, CRISTINI C, DUPUY M, NÈGRE-PAGES L, GRANDJEAN H, TAUBER M: Factors associated with overweight in preschool-age children in southwestern France. *Am J Clin Nutr* 85 (2007) 1643-9.
46. KILANOWSKI CK, CONSALVI AR, EPSTEIN LH: Validation of an electronic pedometer for measurement of physical activity in children. *Pediatr Exerc Sci* 11 (1999) 63-8.
47. KING AC, TAYLOR CB, HASKELL WL, DEBUSK RF: Influence of regular aerobic exercise on psychological health. *Health Psychol* 8 (1989) 305-24.
48. KLEIN PD, JAMES WPT, WONG WW, IRVINGS CS, MURYATROYD PR, CABRERA M, DALLOSSO HM, KLEIN ER, NICHOLS BL: Calorimetric validation of the doubly-labelled water method for determination of energy expenditure in man. *Human Nutr Clin Nutr* 38 (1984) 95-106.
49. KLESGES RC, COATES TJ, MOLDENHAUER-KLESGES LM, HOLZER B, GUSTAVSON J, BARNES J: The FATS: an observational system for assessing physical activity in children and associated parent behavior. *Behav Assess* 6 (1984) 333-45.
50. KLESGES RC, KLESGES LM, SWENSON AM, PHELEY AM: A validation of two motion sensors in the prediction of child and adult physical activity levels. *Am J Epidemiol* 122 (1985) 400-10.
51. KLESGES LM, KLESGES RC: The assessment of children's physical activity: a comparison of methods. *Med Sci Sports Exerc* 19 (1987) 511-7.
52. KOPLAN JP, DIETZ WH: Caloric imbalance and public health policy. *JAMA* 282 (1999) 1579-81.
53. KOWALSKI KC, CROCKER PRE, FAULKNER RA: Validation of the physical activity questionnaire for older children. *Pediatr Exerc Sci* 9 (1997) 174-86.
54. LANYON LE: Control of bone architecture by functional load bearing. *J Bone Miner Res* 7 (1992) S369-75.
55. LEE I, PAFFENBERGER RS, HSIEH C: Physical activity and risk of developing colorectal cancer among college alumni. *J Natl Cancer Inst* 83 (1991) 324-9.
56. LEON AS, CONNETT J, JACOBS DR JR, RAURAMAA R: Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death: the Multiple Risk Factor Intervention trial. *JAMA* 258 (1987) 2388-95.
57. LEVINE JA, LANNINGHAM-FOSTER LM, MCCRADY SK, KRIZAN AC, OLSON LR, KANE PH, JENSEN MD, CLARK MM: Interindividual variation in posture allocation: possible role in human obesity. *Science* 28 (2005) 584-6.
58. LIVINGSTONE MB, COWARDWA, PRENTICE AM, DAVIES PS, STRAIN JJ, MCKENNA PG, MAHONEY CA, WHITE JA, STEWART CM, KERR MJ: Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labelled water (2H₂(18)O) method. *Am J Clin Nutr* 56 (1992) 343-52.
59. LOBSTEIN TJ, JAMES WP, COLE TJ: Increasing levels of excess weight among children in England. *Int J Obes Relat Metab Disord* 27 (2003) 1136-8.
60. LOUIE L, ESTON RG, ROWLANDS AV, TONG KK, INGLEDEW DK, FU FH: Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for estimating the energy cost of activity in Hong Kong Chinese boys. *Pediatr Exerc Sci* 11 (1999) 229-39.
61. MAFFEIS C, PINELLI L, ZAFFANELLO M, SCHENA F, IACUMINI P, SCHUTZ Y: Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labelled water (2H₂(18)O) method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord* 19 (1995) 671-7.
62. McCLAREN SR, BABCOCK MA, PEGELOW DF, REDDAN WG, DEMPSEY JA: Longitudinal effects on aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *J Appl Physiol* 78 (1995) 1957-68.
63. MCKENZIE T, SALLIS JF, NADER PR, PATTERSON T, ELDER JP, BERRY CC, RUPP JW, ATKINS CJ, BUONO MJ, NELSON JA: BEACHES: an observational system for assessing children's eating and physical activity behaviors and associated events. *Appl Behav Anal* 24 (1991) 141-51.
64. MCKENZIE T, SALLIS JF, NADER PR: SOFIT: system for observing fitness instruction time. *J Teach Phys Educ* 62 (1992) 195-205.

65. **MCMURRAY RG, HARRELL JS, BRADLEY CB, WEBB JP, GOODMAN EM:** Comparison of a computerized physical activity recall with a triaxial motion sensor in middle-school youth. *Med Sci Sports Exerc* 30 (1998) 1238-45.
66. **MORENO LA, SARRIA A, FLETA J, RODRIGUEZ G, BUENO M:** Trends in body mass index and overweight prevalence among children and adolescents in the region of Aragon (Spain) from 1985 to 1995. *Int J Obes Relat Metab Disord* 24 (2000) 925-31.
67. **MORROW JR JR, FREEDSON PS:** Relationship between habitual physical activity and aerobic fitness in adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 6 (1994) 315-29.
68. **MUKESHI M, GUTIN B, ANDERSON WA, ZYBERT P, BASCH C:** Validation of the Caltrac movement sensor using direct observation in young children. *Pediatr Exerc Sci* 2 (1990) 249-54.
69. **MUTRIE N, PARFITT G:** Physical activity and its link with mental, social and moral health in young people. In: Biddle S, Sallis J, Cavill N (Hrsg): *Young and active? Young people and health-enhancing physical activity: evidence and implications.* Health Education Authority, London, 1998: 49-68.
70. **NELSON ME, REJESKI J, BLAIR SN, DUNCAN PW, JUDGE JO, KING AC, MACERA CA, CASTANEDASCEPPA C:** Physical Activity and Public Health in Older Adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39, (8) (2007) 1435-1445.
71. **NEWMAN WP, FREEDMAN DS, VOORS AW:** Relation of serum lipoprotein levels and systolic blood pressure to early atherosclerosis: the Bogalusa Heart Study. *N Engl J Med* 324 (1986) 138-44.
72. **NOLAND M, DANNER F, DEWALT K, MCFADDEN M, KOTCHEN JM:** The measurement of physical activity in young children. *Res Q Exerc Sport* 61 (1990) 146-53.
73. **O'HARA NM, BARANOWSKI T, SIMONS-MORTON BG, WILSON BS, PARCEL G:** Validity of the observation of children's physical activity. *Res Q Exerc Sport* 60 (1989) 42-7.
74. **PATE RR, O'NEILL JR:** Summary of the American Heart Association scientific statement: promoting physical activity in children and youth: a leadership role for schools. *J Cardiovasc Nurs.* 23(1) (2008) 44-9.
75. **POWEL KE, BLAIR SN:** The public health burden of sedentary living habits: theoretical but realistic estimates. *Med Sci Sports Exerc* 26 (1994) 851-6.
76. **PUHL J, GREAVES KA, HOYT M, BARANOWSKI T:** Children's activity rating scale (CARS): description and evaluation. *Res Q Exerc Sport* 61 (1990) 26-36.
77. **RIDDOCH CJ:** Relationships between physical activity and health in young people. In: Biddle S, Sallis J, Cavill N (Hrsg): *Young and active? Young people and health-enhancing physical activity: evidence and implications.* Health Education Authority, London, 1998: 17-48.
78. **RIDLEY K, DOLLMAN NJ, OLDS T:** Development and validation of a computer delivered physical activity questionnaire (CDPAQ) for children. *Pediatr Exerc Sci* 13 (2001) 35-46.
79. **ROWE PJ, SCHULDHEISZ JM, VAN DER MARS H:** Validation of SOFIT for measuring physical activity of first- to eighth-grade students. *Pediatr Exerc Sci* 9 (1997) 136-49.
80. **SALLIS JF:** Self-report measures of children's physical activity. *J Sch Health* 61 (5) (1991) 215-9.
81. **SALLIS JF, BUONO MJ, ROBY JJ, CARLSON D, NELSON JA:** The Caltrac accelerometer as a physical activity monitor for school-age children. *Med Sci Sports Exerc* 22 (1990) 698-703.
82. **SALLIS JF, BUONO MJ, ROBY JJ, MICALÉ FG, NELSON JA:** Seven-day recall and other physical activity self-reports in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 25 (1993) 99-108.
83. **SALLIS JF, CONDON SA, GOGGIN KJ, ROBY JJ, KOLODY B, ALCARAZ JE:** The development of self-administered physical activity surveys for 4th grade students *Res Q Exerc Sport* 64 (1993) 25-31.
84. **SALLIS JF, STRIKMILLER PK, HARSHA DW, FELDMAN HA, EHLINGER S, STONE EJ, WILLISTON J, WOOD S:** Validation of interviewer- and self-administered physical activity checklists for fifth grade students. *Med Sci Sports Exerc* 28 (1996) 840-851.
85. **SARIS WH, BINKHORST RA:** The use of pedometer and actometer in studying daily physical activity in man. Pt II: validity of pedometer and actometer measuring the daily physical activity. *Eur J Appl Physiol* 37 (1977) 229-235.
86. **SCHOELLER DA, RAVUSSIN E, SCHUTZ Y, ACHESON KJ, BAERTSCHI P, JEQUIER E:** Energy expenditure by doubly labelled water: validation in humans and proposed calculation. *Am J Physiol* 250 (1986) 823-30.
87. **SCHOELLER DA, WEBB P:** Five-day comparison of the doubly labelled water method with respiratory gas exchange. *Am J Clin Nutr* 40 (1984) 153-158.
88. **SHABI GQ, ROBERTS CHK, GORAN MI:** Exercise and Insulin Resistance in Youth. *Exerc Sport Sci Rev* 36 (2008) 5-11.
89. **SIMONS-MORTON BG, TAYLOR WC, WEI HUANG I:** Validity of the physical activity interview and Caltrac with preadolescent children. *Res Q Exerc Sport* 65 (1994) 84-88.
90. **SIMONS-MORTON BG, O'HARA NM, PARCEL GS, HUANG IW, BARANOWSKI T, WILSON B:** Children's frequency of participation in moderate to vigorous physical activities. *Res Q Exerc Sport* 61 (1990) 307-314.
91. **STRONG WB, DECKELBAUM, RJ, GIDDING SS, KAVEY RE, WASHINGTON R, WILMORE JH, PERRY CL:** Integrated cardiovascular health promotion in childhood. A statement for health professionals from the Subcommittee on Atherosclerosis and Hypertension in Childhood of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association. *Circulation* 85 (1992) 1638-1650.
92. **TAYLOR CB, SALLIS JF, NEEDLE R:** The relationship of physical activity and exercise to mental health. *Public Health Rep* 100 (1985) 195-201.
93. **Thompson D, Batterham AM, Bock S, Robson C, Stokes K:** Assessment of low-to-moderate intensity physical activity thermogenesis in young adults using synchronized heart rate and accelerometry with branched-equation modeling. *J Nutr* 136 (2006) 1037-1042.
94. **TIMMONS BW, NAYLOR PJ, PFEIFFER KA:** Physical activity for preschool children--how much and how? *Can J Public Health* 98 (2007) 122-134.
95. **TREMBLAY MS, WILLIAMS JM:** Is the Canadian childhood obesity epidemic related to physical inactivity? *Int J Obes Relat Metab Disord* 27 (2003) 1100-1105.
96. **TREUTH MS, ADOLPH AL, BUTTE NF:** Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *Am J Physiol* 275 (1998) 12-18.
97. **TROST SG, WARD DS, MCGRAW B, PATE RR:** Validity of the Previous Day Physical Activity Recall (PDPAR) in fifth-grade children. *Pediatr Exerc Sci* 11 (1999) 341-348.
98. **TROST SG, WARD DS, MOOREHEAD SM, WATSON PD, RINER W, BURKE JR:** Validity of the Computer Science and Applications (CSA) activity monitor in children. *Med Sci Sports Exerc* 30 (1998) 629-633.
99. **TROUTMAN SR, ALLOR KM, HARTMANN DC, PIVARNIK JM:** MINI-LOGGER reliability and validity for estimating energy expenditure and heart rate in adolescents. *Res Q Exerc Sport* 70 (1999) 70-74.
100. **TWISK JWR:** Physical activity, physical fitness and cardiovascular health. In: Armstrong N, van Mechelen W (Hrsg): *Oxford textbook of paediatric exercise science in medicine.* Oxford Medical Publications, Oxford, 2000, 253-263.
101. **TWISK JWR, MELLEBERGH GJ, VAN MECHELEN W:** Tracking of biological and lifestyle cardiovascular risk factors over a 14-year period. *Am J Epidemiol* 145 (1997) 888-898.
102. **WALLACE JP, MCKENZIE TL:** Observed vs. recalled exercise behavior: a validation of a seven day exercise recall for boys 11 to 13 years old. *Res Q Exerc Sport* 56 (1985) 161-165.
103. **WELK GJ, CORBIN CB, KAMPERT JB:** The validity of the Tritrac-R3D activity monitor for the assessment of physical activity: II. Temporal relationships among objective assessments. *Res Q Exerc Sport* 69 (1998) 395-399.
104. **WELSMAN JR, ARMSTRONG N:** Physical activity patterns of 5-to 7-year-old children and their mothers. *Eur J Phys Educ* 3 (1998) 145-155.
105. **WELSMAN JR, ARMSTRONG N:** Physical activity patterns in secondary school children. *Eur J Phys Educ* 5 (2000) 147-157.

106. **WELTEN DC, KEMPER HCG, POST GB, VAN MECHELEN W, TWISK J, LIPS P, TEULE GJ:** Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 9 (1994) 1089-1096.
107. **WESTON AT, PETOSA R, PATE RR:** Validity of an instrument for measurement of physical activity in youth. *Med Sci Sports Exerc* 29 (1997) 138-143.
108. **WITTMEIER KD, MOLLARD RC, KRIELLAARS DJ:** Objective assessment of childhood adherence to Canadian physical activity guidelines in relation to body composition. *Appl Physiol Nutr Metab* 32 (2007) 217-224.
109. **WORLD HEALTH ORGANIZATION:** Obesity - preventing and managing the global epidemic. World Health Organization, Geneva, 1998, 17-40.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. Dipl.-Sportl. Ralph Beneke
Centre for Sports and Exercise Science
Department of Biological Sciences
University of Essex, Wivenhoe Park,
Colchester, Essex CO4 3SQ
E-Mail: rbeneke@essex.ac.uk