

Daily physical activity, energy expenditure and physical fitness: assessment and implications

Citation for published version (APA):

Plasqui, G. (2004). *Daily physical activity, energy expenditure and physical fitness: assessment and implications*. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20050121gp>

Document status and date:

Published: 01/01/2004

DOI:

[10.26481/dis.20050121gp](https://doi.org/10.26481/dis.20050121gp)

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

A large proportion of the Western population is physically inactive. A sedentary lifestyle is a major concern for public health since it is associated with several diseases such as cardiovascular disease, diabetes mellitus type II, osteoporosis and obesity. The dramatic increase in the prevalence of overweight and obesity over the past decades is related with, and possibly caused by lower levels of physical activity.

Physical activity can be defined as body movement, produced by skeletal muscles, resulting in energy expenditure. It is a complex behaviour including sports as well as non-sports activities. Physical activity has an impact on energy expenditure and physical fitness. The extent to which body movement leads to energy expenditure is dependent on body size and body composition. The extent to which physical activity improves physical fitness is dependent on the amount and type of activity performed. Physical activity is a behaviour that can be influenced by the environment. Season is an environmental factor that modulates climatic features such as ambient temperature and day length. These changes in climatic conditions can affect one or more aspects of physical activity and energy expenditure.

The main emphasis of this thesis was on how physical activity, energy expenditure and physical fitness relate to each other, on how they can be assessed under daily life conditions and on how season can affect one or more of these variables.

Total energy expenditure (TEE) was measured with the doubly labelled water technique and sleeping metabolic rate (SMR) by an overnight stay in a respiration chamber. Physical activity was expressed in terms of activity related energy expenditure (AEE), as physical activity level (PAL) and as body movement. AEE ($AEE = 0.9 \cdot TEE - SMR$) was calculated by subtracting SMR from TEE assuming diet induced energy expenditure (DIT) to be 10% of TEE. PAL was calculated as $TEE \cdot SMR^{-1}$. Body movement was assessed with a tri-axial accelerometer for movement registration (Tracmor), providing information about total physical activity as well as activity patterns in terms of duration, frequency and intensity. Physical fitness was defined as maximal mechanical power (W_{max}) or maximal aerobic capacity (VO_{2max}), assessed with an incremental test on a bicycle ergometer.

It was shown that there is a significant seasonal variation in SMR over the year with a minimum in summer season (July, August) and a maximum in winter season (January, February). AEE and PAL were significantly lower in winter season whereas physical fitness did not change. It was concluded that information on activity patterns was needed to gain more insight in the effect of season on physical activity. For this purpose, accelerometers are more appropriate than the use of doubly labelled water alone.

The Tracmor was validated against doubly labelled water to assess energy expenditure under daily life conditions. Age, height, body mass and activity counts (Tracmor output) explained 83% of the variation in TEE with a standard error of estimate of 1.00 MJ/day or 8.7% of the average TEE. The Tracmor is therefore a suitable instrument to provide information about activity patterns as well as an estimate of energy expenditure.

As for physical activity, there is a need for accurate field techniques to assess physical fitness. Measuring physical fitness under laboratory conditions using an incremental exercise test, requires a specific protocol, expensive equipment and maximal exertion of the subject. A new fitness-index was developed, based on the combined use of

accelerometry and heart rate registration. The fitness-index predicted VO_{2max} for 72% with a SEE of 14%. Furthermore, the Bland Altman plot showed no mean difference and no systematic error for the predicted VO_{2max} . The fitness-index is therefore a promising tool for the assessment of physical fitness outside laboratory conditions and without the need of a specific protocol.

As a clinical application, the Tracmor was used to measure daily physical activity in patients with heart failure, i.e. a population with low physical activity levels due to cardiac impairment. The objective was to investigate whether the implantation of a pacing device positively affected physical activity. It was shown that although patients improved in exercise capacity, defined as the distance covered in a 6-min-walk test, there was no change in daily physical activity as measured with the Tracmor.

In conclusion, the importance of physical activity and physical fitness in relation to several diseases, such as cardiovascular disease and obesity, highlights the need for accurate assessment tools that are relatively inexpensive and applicable under daily life conditions. The impact of season on physical activity, and TEE and its components should be considered when studying relationships between physical activity and health or when studying the seasonality in health parameters, such as cardiovascular risk factors. In order to define healthy guidelines for physical activity and physical fitness, more research is needed to clarify the dose response relationship between physical activity, physical fitness and several health aspects. The devices described in this thesis could be useful for health related research as well as sports applications and weight management.

Samenvatting

Een groot deel van de Westerse bevolking is onvoldoende lichamenlijk actief. Een inactieve levensstijl verhoogt het risico op tal van aandoeningen zoals hart- en vaatziekten, diabetes mellitus type II, osteoporose en obesitas. De enorme toename in de prevalentie van overgewicht en obesitas in de laatste decennia is gerelateerd aan en mogelijk veroorzaakt door een afname in lichamenlijke activiteit.

Lichamenlijke activiteit kan men definiëren als lichaamsbeweging, veroorzaakt door de skeletspieren en resulterend in energiegebruik. Het is een complex gedrag dat zowel sport als niet-sport gerelateerde activiteit omvat. Lichamenlijke activiteit beïnvloedt zowel het energiegebruik als de lichamenlijke fitheid. Het energiegebruik als gevolg van activiteit is afhankelijk van het lichaamsgewicht en de lichaamsstelling. In hoeverre lichamenlijke activiteit leidt tot een toename in fitheid is afhankelijk van de hoeveelheid en het type activiteit. Tal van omgevingsfactoren, zoals het seizoen, dat de klimatologische omstandigheden zoals de omgevingstemperatuur en de daglengte bepaalt, kunnen een invloed hebben op de lichamenlijke activiteit en het energiegebruik.

Dit proefschrift handelt over de relatie tussen lichamenlijke activiteit, energiegebruik en fitheid, over hoe deze grootheden kunnen worden gemeten in het dagelijks leven en over hoe de seizoenen een of meerdere van deze factoren kunnen beïnvloeden.

Het totale energiegebruik werd gemeten met behulp van tweevoudig gemerkt water. De slaapstofwisseling werd gemeten tijdens een overnachting in een respiratiekamer. Lichamenlijke activiteit kan men uitdrukken als energiegebruik of als lichaamsbeweging. Het energiegebruik als gevolg van activiteit werd berekend als 90% van het totale energiegebruik vermindert met de slaapstofwisseling. Hierbij werd aangenomen dat 10% van het totale energiegebruik bestaat uit het dieet geïnduceerde energiegebruik. Het lichamenlijke activiteitsniveau werd berekend als het totale energiegebruik gedeeld door de slaapstofwisseling. Lichaamsbeweging werd gedetecteerd met behulp van een drie-assige bewegingsmeter (tri-axial accelerometer for movement registration, Tracmor) die informatie geeft of de totale hoeveelheid maar ook over de duur, frequentie en intensiteit van lichaamsbeweging. Lichamenlijke fitheid werd bepaald met een maximaaltest op een fietsergometer en gedefinieerd als maximale trapweerstand of maximale zuurstofopname.

Er was een significante seizoensvariatie in de slaapstofwisseling, met een minimum in de zomer (juli, augustus) en een maximum in de winter (januari, februari). Het activiteit gerelateerde energiegebruik en het activiteitsniveau was significant lager in de winter dan in de zomer. Lichamenlijke fitheid bleef onveranderd. Om meer inzicht te verwerven in het effect van de seizoenen op lichamenlijke activiteit is er meer informatie nodig over het bewegingspatroon (duur, frequentie en intensiteit van bewegen). Bewegingsmeters zijn hiervoor beter geschikt dan het gebruik van tweevoudig gemerkt water alleen. De Tracmor werd gevalideerd, met tweevoudig gemerkt water als de gouden standaard, voor het meten van energiegebruik in het dagelijks leven. 83% van de variatie in het totaal energiegebruik kon verklaard worden door leeftijd, gewicht, lengte en de hoeveelheid beweging geregistreerd met de Tracmor. De standaardfout was 1.00 MJ of 8.7% van het gemiddelde energiegebruik. De Tracmor is daarom een geschikt instrument om het bewegingspatroon te meten en een goede schatting van het energiegebruik te geven in het dagelijks leven.

Net als voor lichamelijke activiteit is er ook behoefte aan nauwkeurige technieken om, buiten het laboratorium, lichamelijke fitheid te meten. Een maximaal test in het laboratorium vraagt immers een specifiek protocol, duur materiaal en volledige uitputting van de proefpersoon. Het doel was een nieuwe fitheidsmaat te ontwikkelen, gebaseerd op de combinatie van bewegingsregistratie met de Tracmor en hartslagregistratie. Deze fitheidsmaat voorspelde de maximale zuurstofopname voor 72% met een standaardfout van 14%. Er bleek ook geen systematisch verschil te zijn tussen de voorspelde en gemeten maximale zuurstofopname. De nieuwe fitheidsmaat is daarom een veelbelovende methode om lichamelijke fitheid te meten, zonder de behoefte aan een specifiek protocol of maximale uitputting.

Tenslotte werd de Tracmor ook gebruikt om lichamelijke activiteit te meten bij patiënten met hartfalen en als gevolg daarvan een laag activiteitenniveau. Het doel was na te gaan of de implantatie van een pacemaker een positief effect had op het activiteitenniveau. Patiënten bleken wel een toename te vertonen in fitheid, gemeten als de maximaal afgelegde wandelafstand binnen 6 min tijd, maar er was geen verandering in dagelijkse activiteit.

Het belang van lichamelijke activiteit en fitheid in de etiologie van tal van aandoeningen zoals hart- en vaatziekten en obesitas, benadrukt de behoefte aan nauwkeurige meettechnieken die toepasbaar zijn in het dagelijks leven. Bij de studie van de relatie tussen lichamelijke activiteit en gezondheid is het belangrijk rekening te houden met de invloed van de seizoenen op de lichamelijke activiteit en op het energiegebruik. Om duidelijke richtlijnen te kunnen opstellen in verband met lichamelijke activiteit en fitheid, is meer onderzoek nodig naar de dosisrespons relatie tussen lichamelijke activiteit, fitheid en gezondheidsparameters. De meetmethoden, beschreven in deze thesis zijn toepasbaar in gezondheidsonderzoek, voor sportgerelateerde doeleinden en gewichtsregulatie.