

Hvordan uttrykke aerob kapasitet hos barn og unge?

Sammendrag

Bakgrunn. Flere studier viser at det høyeste oppnådde oksygenopptaket ($VO_{2\text{ peak}}$) ikke øker lineært med kroppsvekten hos barn og unge.

Materiale og metode. Artikkelen bygger på analyse av eget materiale og relevant litteratur funnet ved søk i PubMed.

Resultater og fortolkning. Selv om yteevnen i løp øker kraftig gjennom oppveksten forblir $VO_{2\text{ peak}}$ uttrykt i forhold til kroppsmassen påfallende stabil hos gutter, og tenderer til et fall hos jenter fra 13–14-årsalderen. Dersom man relaterer $VO_{2\text{ peak}}$ til kroppsoverflaten ($\text{ml kg}^{-0,67} \text{ min}^{-1}$) øker oksygenopptaket i et mer sammenliknbart mønster med prestasjonsøkningen i løp.

Ofte viser treningsstudier med barn og unge ikke fremgang i $VO_{2\text{ peak}}$ uttrykt i forhold til kroppsmassen. En årsak er at økningen i vekt fjerner effekten av økningen i $VO_{2\text{ peak}}$ liter per minutt. Ved å uttrykke oksygenopptaket som $VO_{2\text{ peak}}$ ($\text{ml kg}^{-0,67} \text{ min}^{-1}$) har treningsstudier på barn og unge vist at de responderer på samme måte som man kan forvente hos voksne som utsettes for samme treningsregime.

Engelsk sammendrag finnes i artikkelen på www.tidsskriftet.no

Interessekonflikter: Ingen

Svein Arne Pettersen

svein.a.pettersen@hito.no
Kroppsøvningsseksjonen
Avdeling for lærerutdanning
Høgskolen i Tromsø
9293 Tromsø

Per Morten Fredriksen

Fysioterapiavdelingen
Rikshospitalet

$VO_{2\text{ peak}}$, det høyeste oksygenopptaket (VO_2) som måles under en belastningstest til utmattelse, regnes som en av de viktigste enkeltindeksene på aerob fysisk yteevne (1).

For å kunne sammenlikne personer med ulik vekt uttrykkes $VO_{2\text{ peak}}$ vanligvis ved å dele absoluttverdiene på kroppsvekten, $VO_{2\text{ peak}}$ ($\text{ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) (2). I løpet av de 10–15 siste årene har en rekke studier vist at oksygenopptaket ikke øker lineært med kroppsvekten hos barn og unge (1–4). Samtidig rapporteres det om en «epidemi» av overvekt hos barn i den vestlige verden (5). På grunn av sparsomme data er det vanskelig å si noe om utviklingen i Norge. Bruken av $VO_{2\text{ peak}}$ uttrykt i forhold til kroppsmassen kan derfor tenkes å maskere resultater i forhold til utviklingen av aerob fysisk form. Det vil være viktig å ha en valid målemetode slik at eventuelle endringer i aerob fysisk yteevne ikke maskeres av vektendring blant barn og unge over tid.

Hensikten med denne artikkelen er å rette et kritisk blikk på bruken av høyeste direkte-målte oksygenopptak hos barn og unge ($VO_{2\text{ peak}}$) uttrykt i forhold til kroppsmassen som mål på aerob fysisk yteevne og trenbarhet i løp. I tillegg til analyse av eget materiale (3, 4) ble det søkt i PubMed med søkeordene «children», «adolescents», «aerobic capacity», «performance ability» og «scaling factor».

$VO_{2\text{ peak}}$ hos barn og unge

Hos voksne er det maksimale oksygenopptaket en nyttig indikator på yteevne i utholdenhetsaktiviteter (2). Noen studier viser likevel at å uttrykke det maksimale oksygenopptaket i forhold til kroppsmassen ikke er den beste indeksen selv hos voksne (6).

Hos barn derimot har mange studier vist at $VO_{2\text{ peak}}$ uttrykt i forhold til kroppsmassen ikke markerer forskjeller i aerob fysisk yteevne i løp på samme måte som hos voksne (1, 3, 7). I longitudinelle studier og i tverrsnittundersøkelser med stor aldersspredning øker yteevnen i løp kraftig med økende alder, mens $VO_{2\text{ peak}}$ er påfallende stabil eller tenderer til en nedgang hos jenter fra 13–14 års alder (2). I en oversiktsartikkel i Tidsskriftet påpekte Meen (8) at bruk av maksimalt oksygenopptak uttrykt i forhold til kroppsmassen neppe er et godt mål på graden av fysisk aktivitet og dermed treningstilstand.

I en tidligere studie av Pettersen og medarbeidere (3) ble det forsøkt å finne en eksponentialfunksjon for vekt som best kunne uttrykke forskjellene i utholdenhet ved løping på tredemølle. 195 barn og unge i alderen 8–17 år deltok i studien. Gjennom allometriske regresjonslikninger ble det påvist

Hovedbudskap

- Oksygenopptaket øker ikke lineært med kroppsvekten hos barn og unge
- $VO_{2\text{ peak}}$ korrigert for kroppsvekt egner seg dårlig som mål på yteevne og treningsutbytte hos barn og unge
- $VO_{2\text{ peak}}$ relatert til kroppsoverflaten kan være en mer valid målemetode

at direktemålt høyeste oksygenopptak hos barn og unge ikke øker lineært med vektøkningen, men at det er et invert forhold. Det ble vist at kroppsmasseeksponentene lå på 0,55–0,87 avhengig av alder, kjønn og hvilken modell som ble brukt. Disse eksponentene ligger i området rundt den teoretisk funderte eksponenten 0,67. Eksponenten er utledet fra en likning som relaterer overflaten til volum^{2/3} (surface law) og indikerer at oksygenforbruket øker i takt med en faktor hvor kroppsvekten er opphøyd i 0,67 (9).

Kleiber (10) foreslo at oksygenopptaket øker med kroppsvekten opphøyd i 0,75. Han beskrev at varmeproduksjonen var relatert til eksponenten 0,75 hos en lang rekke dyr fra mus til hval, noe som gir det samme forholdet mellom VO_2 og kroppsvekten.

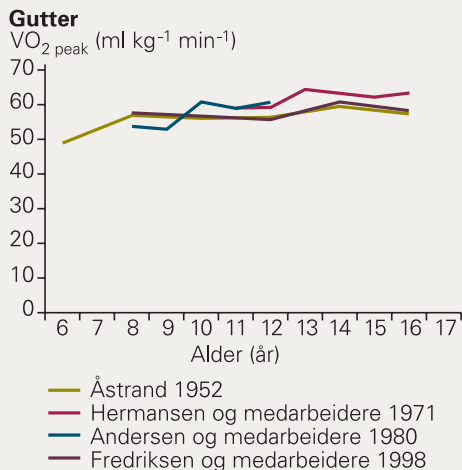
Tabell 1 viser at det er vanskelig å skille ulikhetene i yteevnen i løp ved å uttrykke $VO_{2\text{ peak}}$ i forhold til kroppsmassen. Yteevnen leses som den distanse deltakerne i studien klarte å gjennomføre før utmattelse. Hvis man derimot ser på $VO_{2\text{ peak}}$ ($\text{ml kg}^{-0,67} \text{ min}^{-1}$), får man et noe annet bilde. Hos guttene var verdiene for både $VO_{2\text{ peak}}$ ($\text{ml kg}^{-0,67} \text{ min}^{-1}$) eller ($\text{ml kg}^{-0,75} \text{ min}^{-1}$) og distanse lavest hos de yngste for så å øke i et sammenliknbart mønster med de høyeste verdiene for begge variabler hos de eldste.

Hos jentene var ikke resultatene like enty-

Fakta

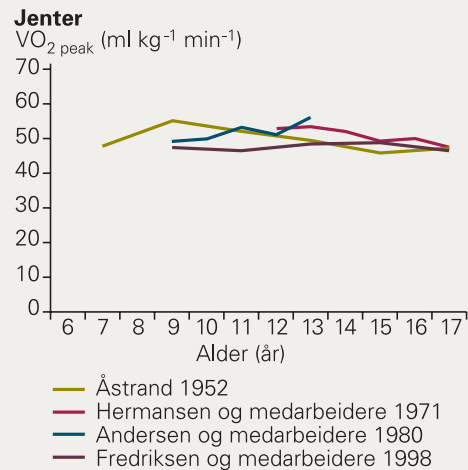
- $VO_{2\text{ peak}}$ motsvarer den høyeste hastigheten på den aerobe energiomsetningen eller også en persons maksimale kapasitet til å tilegne seg og forbruke oksygen per tidsenhet. Uttrykkes ofte i l min^{-1} og/eller korrigert for kroppsvekt ($\text{ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$).

Figur 1



Aerob kapasitet for gutter i Skandinavia gjennom 45 år uttrykt som VO_{2 peak} (ml kg⁻¹ min⁻¹). (14)

Figur 2



Aerob kapasitet for jenter i Skandinavia gjennom 45 år uttrykt som VO_{2 peak} (ml kg⁻¹ min⁻¹). (14)

dige da VO_{2 peak} (ml kg^{-0,67} min⁻¹) eller (ml kg^{-0,75} min⁻¹) viser en liten nedgang hos de eldste selv om yteevnen i løp øker. Den økte yteevnen kan skyldes bedret motorikk og dermed bedret løpsøkonomi. Bedre evne til å arbeide anaerobt kan også være med på å forklare økningen i distanse, noe som indikerer at den tilbakelagte distansen ikke bare er et resultat av VO_{2 peak}-verdiene. I tillegg kan distansen fluktuere på grunn av intraindividuelle dag-til-dag-variasjoner uten en endring i VO_{2 peak} (3).

Fredriksen og medarbeidere (4) sammenliknet fire studier av VO_{2 peak} i Norden fra 1952 frem til 1996 (4, 11–13). Resultatene viste at guttene hadde relativt stabile VO_{2 peak}-verdier uttrykt i forhold til kroppsmassen (fig 1), mens jentene tenderte til en liten nedgang med økende alder (14) (fig 2).

Prestasjonsevnene steg gjennom hele oppveksten noe som er vanskelig å tolke dersom

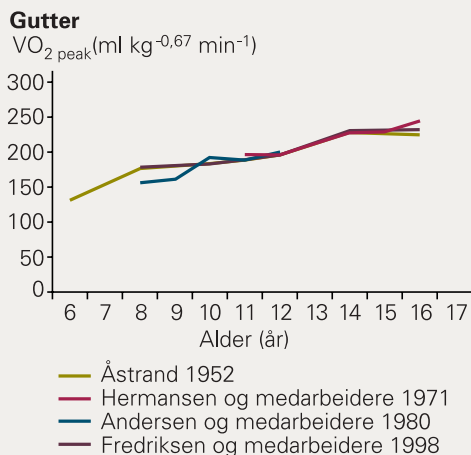
man ser VO_{2 peak}-verdiene korrigert for kroppsmasse som et uttrykk for yteevne. Ved å omregne gjennomsnittsverdiene av VO_{2 peak} i de ulike aldersgruppene til VO_{2 peak} (ml kg^{-0,67} min⁻¹) ser vi at bildet blir annerledes: Det skjer også en økning i VO_{2 peak} (ml kg^{-0,67} min⁻¹) med økende alder (fig 3, 4). Da det ikke har vært tilgang til originaldata fra undersøkelsene av Åstrand (11), Hermansen (12) og Andersen og medarbeidere (13), har vi valgt å fremstille datamaterialet visuelt. Det er verdt å merke seg at når VO_{2 peak} uttrykkes som (ml kg^{-0,67} min⁻¹), kan VO_{2 peak}-verdiene fortelle oss noe om økningen i yteevne og dermed være et mål på prestasjonsevne/fysisk form.

Effekt av trening

Fredriksen og medarbeidere (15) viser hvordan ulike måter å uttrykke det høyest målte oksygenopptaket i forhold til kroppsmassen

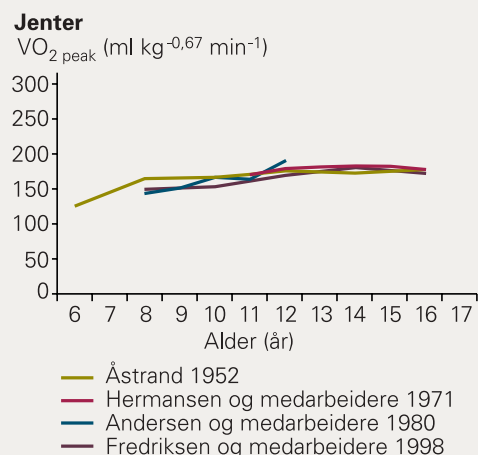
påvirker utfallet av analysen. En treningsstudie av 93 hjertesyke 12-åring, som ble delt i en intervensjonsgruppe (n = 55) og en kontrollgruppe (n = 38), ble gjennomført over en femmånedersperiode. Deltakerne gjennomførte belastningstest (VO_{2 peak}) på tredemølle før og etter intervensjonen. Når resultatene av treningsstudien ble fremstilt som VO_{2 peak} uttrykt i forhold til kroppsmassen, ble konklusjonen at det ikke var signifikant fremgang som følge av treningen. Ved å benytte VO_{2 peak} (ml kg^{-0,67} min⁻¹) viste intervensjonen en signifikant treningseffekt. I kontrollgruppen var det ikke signifikant fremgang uavhengig av hvordan det ble korrigert for kroppsvekt. Vektøkningen var på 3 kg og 3,4 kg for intervensjons- og kontrollgruppen respektivt i løpet av fem måneder. Avhengig av hvordan man velger å relatere VO_{2 peak} til kroppsvekten, blir altså konklusjonen på effekt av trening diametralt forskjellig. Årsa-

Figur 3



Aerob kapasitet for gutter i Skandinavia gjennom 45 år uttrykt som VO_{2 peak} (ml kg^{-0,67} min⁻¹). (14)

Figur 4



Aerob kapasitet for jenter i Skandinavia gjennom 45 år uttrykt som VO_{2 peak} (ml kg^{-0,67} min⁻¹). (14)

Tabell 1 $VO_{2\text{peak}}$ -verdier uttrykt i ulike enheter og distanse til utmattelse (middelverdier og standardavvik)

	Gutter					p ¹	Jenter					p ¹
	Alder (år)						Alder (år)					
VO _{2 peak}	8–9 n = 11 (± SD)	10–11 n = 26 (± SD)	12–13 n = 33 (± SD)	14–15 n = 24 (± SD)	16–17 n = 13 (± SD)		8–9 n = 14 (± SD)	10–11 n = 25 (± SD)	12–13 n = 22 (± SD)	14–15 n = 14 (± SD)	16 n = 13 (± SD)	
l min ⁻¹	1,79 (0,27)	2,0 (0,34)	2,56 (0,58)	3,47 (0,55)	3,84 (0,46)	< 0,001	1,57 (0,31)	1,73 (0,26)	2,17 (0,30)	2,62 (0,31)	2,51 (0,59)	< 0,001
ml kg ⁻¹ min ⁻¹	56,3 (4,4)	56,4 (6,2)	55,0 (7,5)	60,5 (4,3)	58,0 (4,6)	0,15	47,5 (6,2)	46,4 (5,2)	47,7 (5,2)	47,0 (3,2)	46,3 (5,1)	0,69
ml kg ^{-0.67} min ⁻¹	176,5 (11,7)	183,2 (20,7)	193,5 (28,6)	229,7 (16,9)	232,4 (15,4)	<0,001	150,1 (15,8)	153,5 (16,3)	168,0 (15,6)	176,6 (14,6)	172,8 (20,0)	<0,001
ml kg ^{-0.75} min ⁻¹	134,0 (8,7)	137,8 (15,1)	142,5 (20,6)	166,3 (11,4)	166,3 (10,9)	<0,001	113,5 (11,9)	115,1 (12,4)	123,9 (11,6)	128,0 (10,2)	125,8 (13,6)	<0,001
Distanse (m)	1369 (398)	1683 (311)	1759 (320)	2045 (404)	2237 (372)	<0,001	1167 (273)	1238 (263)	1339 (297)	1469 (205)	1531 (231)	<0,001

¹ P-verdiene bygger på test av lineær trend ved bruk av kontraster

ken er at økningen i vekt tar bort effekten av økningen i $VO_{2\text{peak}}$ ($l \text{ min}^{-1}$) ved bruk av $VO_{2\text{peak}}$ korrigert for kroppsmasse. Tid til utmattelse økte i gjennomsnitt med 41 sek. i intervensjonsgruppen. Dette kan tyde på økt yteevne utover den man kan forvente fra vekst og utvikling siden kontrollgruppen hadde en 10 sek. mindre gjennomsnittlig økning i tid til utmattelse. Testprotokollen er standardisert med hensyn til reproduserbarhet med tilfredsstillende resultat (16, 17).

Rowland (18) hevder at barn oppnår økning i $VO_{2\text{peak}}$ uttrykt i forhold til kroppsmassen dersom intensiteten er høy nok og treningsregimene opprettholdes over lang nok tid. Kan det være slik at selv om intensiteten bare ligger på 65–80 % av høyeste oppnådde hjertefrekvens (HF_{peak}), som i studien av Fredriksen og medarbeidere, vil barn ha treningsindusert fremgang i utholdenhet bare man korrigerer for endringer i kroppsvikt på en tilfredsstillende måte? Man skal være forsiktig med å overføre konklusjoner fra treningsforsøk med hjertesyrke barn til friske da det kan være en sannsynlighet for at hjertesyrke har et lavere startutgangspunkt. Teoretisk sett vil det da være lettere å få en treningsindusert fremgang hos disse enn hos barn som har et høyt oksygenopptak ved treningsperiodens begynnelse.

Sjodin & Svedenhaug (19) fant i en treningsstudie av åtte gutter (gjennomsnitt 12 år ved oppstart) over seks år at $VO_{2\text{peak}}$ uttrykt i forhold til kroppsmasse forble uforandret mens $VO_{2\text{peak}}$ ($ml \text{ kg}^{-0.75} \text{ min}^{-1}$) økte signifikant. Treningen bestod av løping fire til fem ganger per uke fra 48 km økende til 60 km per uke de to siste årene. De konkluderte med at $VO_{2\text{peak}}$ målt under løping på tredemølle gav et bedre uttrykk for effekten av trening når vekten ble opphøyd i 0,75 (eller en verdi nær denne) enn til kg^{-1} . Treningseffekten uttrykt som $VO_{2\text{peak}}$ ($ml \text{ kg}^{-0.75}$

min^{-1}) ble på linje med det man ser som treningsindusert effekt hos voksne som gjennomfører samme treningsopplegg. De åtte guttene i studien til Sjodin & Svedenhaug var friidrettsutøvere (mellomdistanse) og kunne dermed være genetisk predisponert for å respondere på treningsdosene de ble utsatt for. I kontrast til dette hevdet Armstrong & Welsman (20) at treningseffekten hos barn tenderer til å være lavere enn hva man vil forvente hos voksne, men konklusjonen bygger på $VO_{2\text{peak}}$ uttrykt som $ml \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$.

Konklusjon

Stadig flere studier utfordrer bruken av den konvensjonelle måten å uttrykke $VO_{2\text{peak}}$, som $ml \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, hos barn i vekst. Dette bør føre til at man vurderer å ta i bruk allometriske modeller for å korrigere for ulikheter i kroppsmasse. Samtidig bør det tilføyes at det neppe finnes enkle matematiske sammenhenger mellom kroppsvikt og $VO_{2\text{peak}}$ som en funksjon av yteevne i løp (3).

Litteratur

- Armstrong N, Welsman JR. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85: 446–51.
- Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exer Sport Sci Rev* 1985; 13: 503–38.
- Petersen SA, Fredriksen PM, Ingjer E. The correlation between peak oxygen uptake ($VO_{2\text{peak}}$) and running performance in children and adolescents. Aspects of different units. *Scand J Med Sci Sports* 2001; 11: 223–8.
- Fredriksen PM, Ingjer F, Nystad W, Thaulow E. Aerob kapasitet hos barn og unge – nordiske resultater gjennom 45 år. *Tidsskr Nor Lægeforen* 1998; 118: 3106–10.
- St.meld. nr. 16 (2002–2003). Resept for et sunnere Norge. Folkehelsepolitikken. Vedlegg 1. KUF 2002–2003.
- Svedenhaug J. Maximal and submaximal oxygen uptake during running: how should body mass be accounted for? *Scand J Med Sci Sports* 1995; 5: 175–80.

- Rowland TW. Oxygen uptake and endurance fitness in children: a developmental perspective. *Ped Exer Sci* 1989; 1: 313–28.
- Meen HM. Fysisk aktivitet hos barn og unge i relasjon til vekst og utvikling. *Tidsskr Nor Lægeforen* 2000; 120: 2908–14.
- Dodge CW. Euclidean geometry and transformations. Reading, MA: Addison-Wesley, 1972.
- Kleiber M. Body size and metabolic rate. *Physiol Rev* 1947; 27: 511–41.
- Åstrand PO. Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. 1. utg. København: Munksgaard, 1952: 103–23.
- Hermansen L. Oxygen transport during exercise in human subjects. *Acta Physiol Scand Suppl* 1974; 90 (suppl 399): 1–104.
- Andersen KL, Seliger V, Rutenfranz J, Nasset T. Physical performance capacity of children in Norway; V. The influence of social isolation on the rate of growth in body size and composition and on the achievement in lung function and maximal aerobic power of children in rural community. *Eur J Appl Physiol* 1980; 45: 155–66.
- Fredriksen PM. Fysisk aktivitetsnivå, yteevne og overvekt hos barn og unge. *Norsk Idrett Tidsskr* 2003; 1: 14–6.
- Fredriksen PM, Kahrs N, Blaasvaer S, Sigurdson E, Gundersen O, Roeksund O et al. Effect of physical training in children and adolescents with congenital heart disease. *Cardiol Young* 2000; 10: 107–14.
- Fredriksen PM, Ingjer F, Thaulow E. Protokoll for testing av aerob kapasitet hos barn og unge med medfødte hjertefeil. *Tidsskr Nor Lægeforen* 1998; 118: 2636–9.
- Fredriksen PM, Ingjer F, Nystad W, Thaulow E. Aerobic endurance testing of children and adolescents – a comparison of two treadmill protocols. *Scand J Med Sci Sports* 1998; 8: 203–7.
- Rowland TW. Aerobic response to endurance training in prepubertal children. A critical analysis. *Med Sci Sport Exer* 1985; 17: 493–7.
- Sjodin B, Svedenhaug J. Oxygen uptake during running as related to body mass in circumpubertal boys: a longitudinal study. *Eur J Appl Physiol* 1992; 65: 150–7.
- Armstrong N, Welsman J. Young people and physical activity. Oxford: Oxford University Press, 1997.