

Præliminær Rapport

Udvikling af ny Steptest

**Center for Muskelforskning
og
Motion og Kost På Recept**

Rigshospitalet

August 2005

**Rapporten er udarbejdet af cand. scient. Morten Zacho og
fysioterapeut Kira Bloomquist. Superviseret af prof. Bengt Saltin.**

Indhold

| | |
|--|----|
| Introduktion | 3 |
| Metode – udvikling af Steptesten | 4 |
| Beskrivelse af forsøgspersoner | 5 |
| Ekstraktion af formel | 6 |
| Validering af testen | 7 |
| Pulsdata | 8 |
| Test – retest | 9 |
| Eksempler på praktisk anvendelse af Steptesten | 10 |
| Sammenfatning / konklusion | 12 |
| Bilag: Instruktionsside | 13 |
| Referencer | 14 |

Introduktion

Måling af fysisk arbejdsevne, herunder aerobe kapacitet, blev udviklet i løbet af 1900-tallet. Der var tidligt enighed om, at den maksimale iltoptagelse var den foretrukne variabel. Opsamling af udåndingsluft med bestemmelse af ventilation og indhold af kuldioxid og ilt muliggjorde en nøjagtig beregning af iltoptagelsen. Hvis målingen blev udført under udmattende arbejde, opnåede man et mål på den maksimale iltoptagelse, hvilket relateret til kropsvægt giver individets konditionstal ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). I starten af 1900-tallet blev der udført et stort antal målinger med forskellige arbejdsformer, fx cykling, gang/løb, svømning og skiløb. I Europa blev et cykelergometer den foretrukne arbejdsform og i USA løbebånd. De to arbejdsformer giver ensartede resultater. Det blev dog diskuteret, om man kunne opnå højere værdier ved at kombinere arm- og benarbejde, men senere studier har vist, at forskellen mellem primært benarbejde og ben- og armarbejde i kombination er meget lille. Parallelt med udviklingen af tester diskuteredes det, hvad der begrænser den maksimale iltoptagelse. Arbejdsfysiologiens tidlige store teoretikere var enige om, at hjerte-karsystemets kapacitet var den afgørende faktor, men lungerne og en optimal iltning af blodet i lungerne var også en kritisk funktion. Denne konklusion er siden blevet bekræftet i mange studier.

I alle de tidlige studier blev iltoptagelsen målt direkte. Det var en procedure, som tog mindst 15-20 min at gennemføre, hvorefter volumenmåling og gasanalyser skulle udføres. Fejlmargen på individniveau var under 5 %. I dag er disse målinger automatiserede med kontinuerlig registrering under testen, men testen kan kun bruges på små grupper, fordi apparatur- og personaleressourcer bliver for store til ”massetestning”. På den baggrund er forskellige indirekte tester til beregning af konditionen blevet afprøvet. I princippet anvendes to forskellige principper. Det ene bygger på, at et givet, men ikke maksimalt (hastighed) arbejde udføres i 5 til ca. 15 min med bestemmelse af hjertefrekvens. Beregningen bygger på en i princippet lineær relation mellem belastning - hastighed og hjertefrekvens, samt på at alle individer ved en given alder har samme maksimale hjertefrekvens. Mest anvendt er den cykeltest, som Åstrand og Åstrand har udarbejdet, hvor der fra et ”nomogram” opnås et konditionstal (ref. 5). Den og andre lignende tester er behæftet med stor ”risiko” for over- eller undervurdering på individniveau på helt op til over 20 %. En afgørende årsag til denne høje fejlmargen er, at den maksimale hjertefrekvens varierer markant mellem individer.

For at minimere problemet med estimering af maksimal hjertefrekvens kan testen udføres til maksimal anstrengelse. Til det formål bruges løbe-, cykel- eller steptester som arbejdsform. Baseret på tiden til eller den belastning der nås ved udmattelse, beregnes den maksimale iltoptagelse. Det kræver motivation og kendskab til teknikken for at testen skal give valide resultater. Hvis det er til stede, giver testerne en acceptabel vurdering af individets konditionstal med en fejlmargen på mellem 5 og 10 %. Watt-max testen på cykel er en sådan test og den er valideret på unge voksne med en fejlmargen indenfor 10 % (ref. 1). I et land som Danmark er cykeltesten velegnet og anbefalelsesværdig. Begrænsningen ligger i, at den kræver et velkalibreret cykelergometer og en testleder kan højst undersøge 1-2 personer parallelt. Dermed begrænses antallet af forsøgspersoner, der kan undersøges i løbet af en dag.

I stedet er steptesten kommet i centrum, når mange skal undersøges samtidigt med enkle og let tilgængelige hjælpemidler. Steptesten var almindeligt brugt i midten af 1900-tallet, men blev så erstattet af cykel- og løbetester. Den har dog stadig potentiale. Arbejdet kan varieres og præcist

beregnes (stephøjde x vægt), de eneste hjælpemidler er en simpel stepbænk og et ur, og dermed kan mange personer testes på kort tid. De fleste klassiske steptest indebærer opstigninger på ret høje bænke samt pulsmålinger. Af praktiske grunde har det derfor været ønskeligt at videreudvikle principperne for steptestning, således at pulsmåling undgås og arbejdet kan tilpasses meget konditionssvage grupper.

Der er stigende interesse for motion og de praktiserende læger har fået mulighed for at henvise til ”Motion og Kost på Recept”. Det har bidraget til, at der er et behov for de muligheder, som steptesten tilbyder. Den kan også få et anvendelsesområde på skoler og arbejdsplader, hvor motion er på programmet. Denne rapport omhandler vurderingen af steptestens muligheder og validitet. Den opnåede erfaring viser, at hvis steptesten anvendes rigtigt, så kan den være et godt instrument til at vurdere et individs aerobe fysiske kapacitet.

Metode – udvikling af steptesten

Det underliggende princip i steptesten er, at der udføres et gradvist stigende arbejde indtil testpersonen ikke længere kan følge arbejdskravet. Da nyttevirkningen ved et givent steparbejde er rimeligt ens for forskellige personer, kan iltkravet på et givet punkt i testen estimeres med rimelig nøjagtighed.

Da steparbejdet involverer en koordinationsmæssig udfordring, der bliver vanskelig at honorere på det tidspunkt hvor lokal muskeltræthed akkumuleres, vil testen typisk afbrydes ved en belastning der ligger et stykke under personens maksimale iltoptagelse. Testen er derfor ikke en maksimaltest i konventionel forstand, men en præstationsbegrænset submaksimal test.

Som udgangspunkt blev der anvendt følgende teoretiske sammenhæng mellem kondital og maksimalt steparbejde:

$$\begin{aligned} \text{Totalt_arbejde} &= \text{Kropsvægt} * \text{tyngdeaccelerationen} * \text{StepHøjde} * \text{StepFrekvens} / \text{Nyttevirkning} \\ \text{VO}_2\text{max} &= (\text{Totalt_arbejde} / \text{IltensEnergetiskeVærdi}) / \text{SlutIntensitet} + \text{Hvileiltoptagelse} \\ \text{Kondital} &= \text{VO}_2\text{max} / \text{Kropsvægt} \end{aligned}$$

Formlerne ovenfor illustrerer blot den principielle sammenhæng. Ved numerisk anvendelse af princippet indgår konstanter til omregning mellem de forskellige enheder.

Den maksimale testtid blev valgt til at være 6 minutter. Dette af hensyn til at have en overkommelig testtid, som samtidig er lang nok til at kredsløbet gradvist kan nå at tilpasse sig arbejdskravet. For at kunne teste personer med meget forskellig kapacitet, fungerer testen med forskellige stephøjder, således at personer i god form kan testes på en højere stepbænk. Progressionen i testen blev udviklet gennem adskillige afprøvninger på forskellige testpersoner, for at nå frem til et forløb, så det anaerobe energibidrag først accelereres på det tidspunkt, hvor det aerobe bidrag nærmer sig maksimal kapacitet. Hastigheden af den standardiserede opstigningssekvens styres af højre-venstre



kommandoer fra enten et computerprogram eller en lydfil. (For yderligere beskrivelse af testens gennemførelse, se bilaget sidst i rapporten.)

Efter at selve principperne for testens gennemførelse var etableret, blev testen initielt gennemført af 41 forsøgspersoner, som også gennemførte en maksimal cykeltest. Ved regressionanalyse på data fra cykeltest og steptest blev en formel etableret til at estimere konditionstal ud fra testtid, stephøjde og personvægt ved steptesten. Denne formel blev herefter valideret på et større antal forsøgspersoner med forskellig køn, alder og kondition.

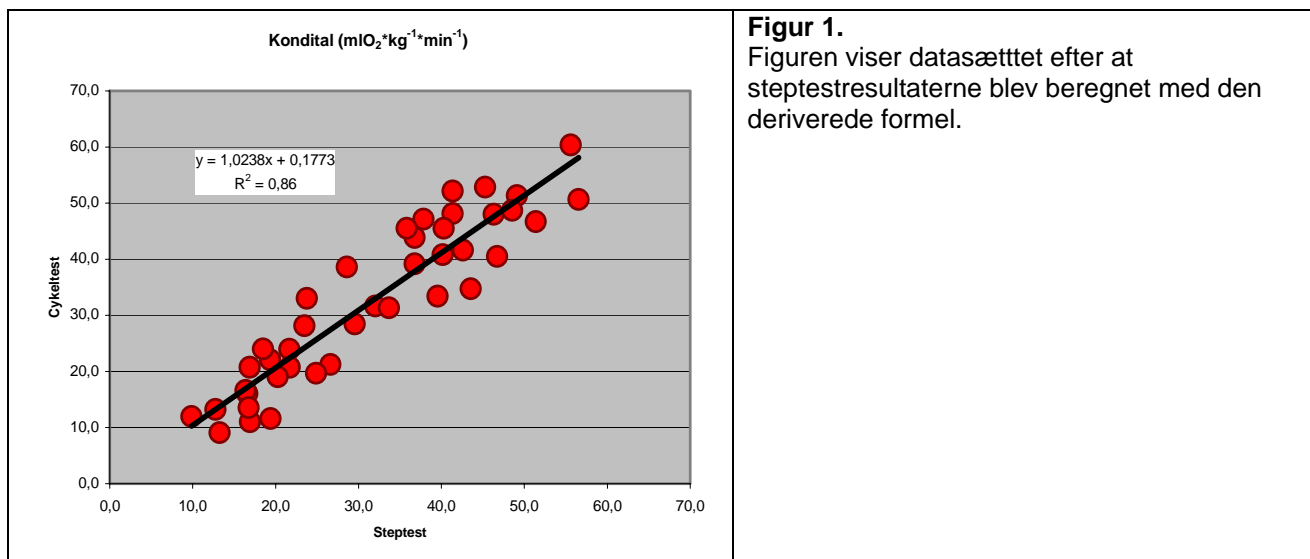
Beskrivelse af forsøgspersoner

I alt indgik 203 forsøgspersoner i valideringen af steptesten. Fordelingen i de enkelte undergrupper er beskrevet nedenfor.

- Personer med tilknytning til Center for Muskelforskning: 28 forsøgspersoner (13 M, 15 K), alder 33 år (range 25-45). Disse forsøgspersoner blev tilfældigt udvalgt blandt personer med tilknytning til Center for Muskelforskning med den hensigt at få personer med rimelig stor variation i kredsløbskapacitet.
- Elever fra Hjortespringsskolen og Søndermarksskolen: 27 elever (6 -17 år) indgik i en tidlig vurdering af effekten af gentagen test (test – re-test).
- Motion og kost på recept patienter (MKPR): 70 patienter (52 K, 18 M), alder 55 år (range 23-83 år), BMI 32 (range 22-54).
- Gymnasieelever på Borupgaard Gymnasium: 25 1. G elever (10 K, 15 M), alder 17 år (range 16-18 år), BMI 21 (range 17-26)
- Elever fra Slagslunde skole: 53 elever fra 1. til 6. klasse (26 K, 27 M), Fordeling på henholdsvis 1., 2., 3., 4., 5. og 6. klassestrin var 1, 5, 3, 20, 14 og 10. BMI: 18 (range 14-25)

Ekstraktion af formel

Testen blev initielt afprøvet på 41 forsøgspersoner, som også blev testet med maksimal cykeltest. Ud fra dette datasæt blev en sammenhæng mellem steparbejde og maksimal iltoptagelse etableret. Denne sammenhæng blev herefter valideret som det beskrives i næste afsnit.



Figur 1. Figuren viser datasættet efter at steptestresultaterne blev beregnet med den deriverede formel.

Formlen der blev deriveret var følgende:

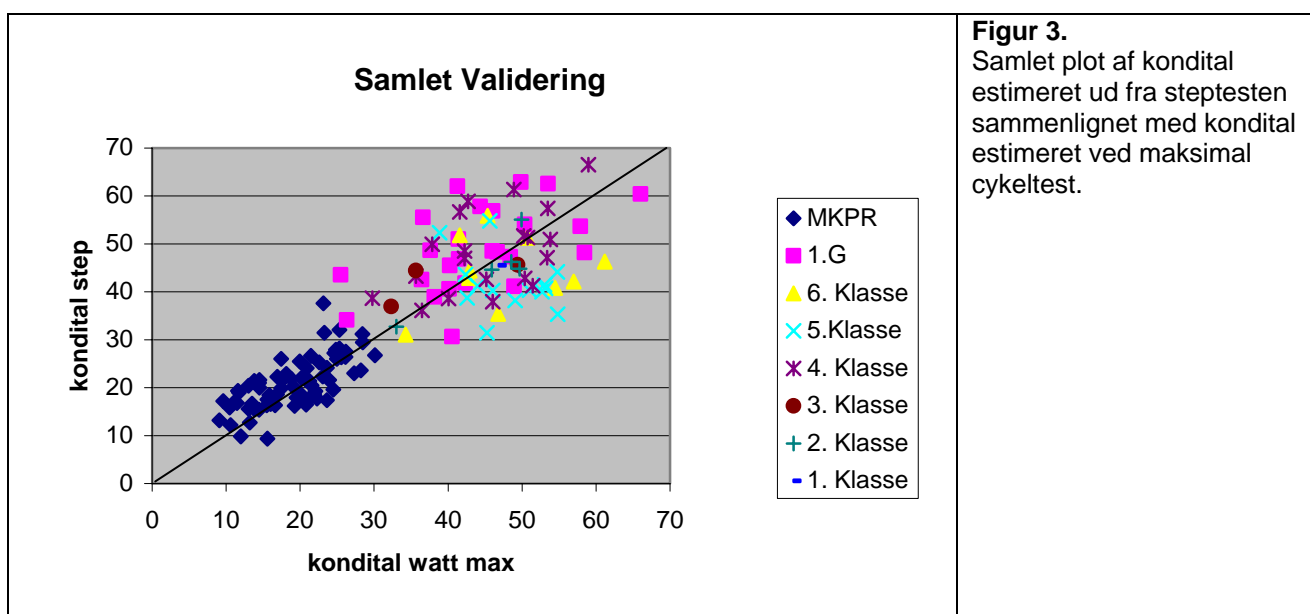
$$VO_2\max = (0,6+0,0035*V\text{ægt}+V\text{ægt}*Steptid*(steptid*0,000000192+0,00002305))*Steph\text{øjde}/0,25$$
$$Kondital = VO_2\max / V\text{ægt} * 1000$$

Validering på en blandet population

Testen blev valideret i forhold til en maksimal cykeltest på 3 forskellige blandede populationer: 1. Patienter henvist til Motion og Kost på recept under Københavns kommune, 2. Gymnasieelever fra Borupgaard Gymnasium og 3. Elever fra Slagslunde skole.

Stephøjder: MKPR-patienterne blev testet på 25 cm, gymnasieeleverne på 30 cm for piger og 35 cm for drenge. Folkeskoleeleverne blev alle testet på 30 cm.

Watt-max test: MKPR og gymnasieeleverne blev testet efter protokollen beskrevet i ref. 1., Folkeskoleeleverne blev testet efter protokollen beskrevet i ref. 2.

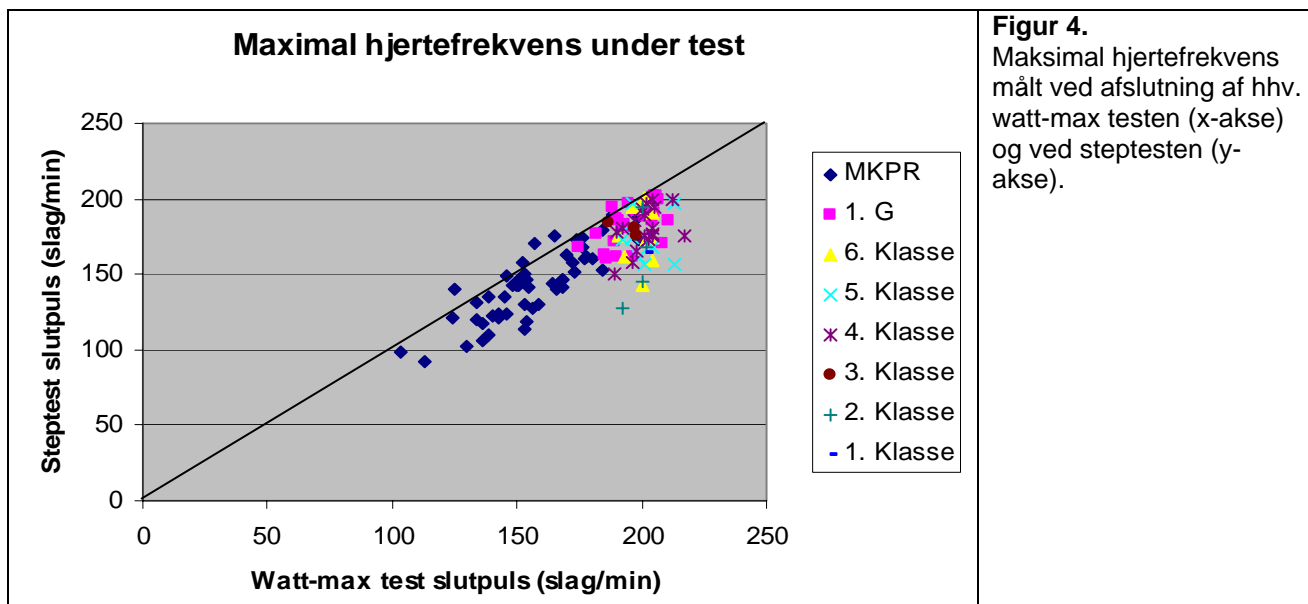


Regressionsanalyse gav $R^2 = 0,77$, $P < 0,0001$, hvilket må betragtes som tilfredsstillende – specielt i lyset af at cykeltesten i sig selv er en indirekte test, med en R^2 -værdi på 0,88 (ref. 1). Relativt set placerer dette steptesten med en validitet der ligger bedre end en indirekte submaksimal test (1-punkts test), men dårligere end en indirekte maksimal test (watt-max test).

I praksis kan validiteten omsættes til, at hvis formålet med testningen er at kategorisere folks kondition i f.eks. ”Meget lav”, ”Lav”, ”Middel”, ”Høj” og ”Meget høj”, så vil meget få individer blive placeret i en helt forkert kategori.

Pulsdata under step- og cykeltestning

Hos de personer der både gennemførte steptest og watt-max test (figur 3), blev den maksimale hjertefrekvens ved testens afslutning registreret.

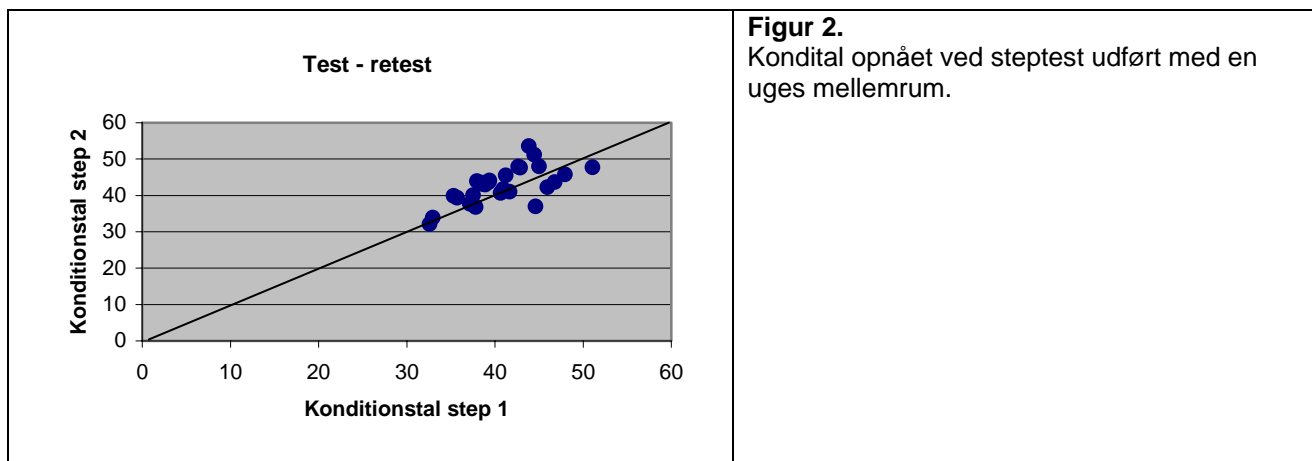


Den maksimale hjertefrekvens der blev opnået ved steptestens afslutning udgjorde gennemsnitligt 90 % af hjertefrekvensen opnået ved maksimal cykeltest. Gennemsnitsværdien for steptest var 163 (92-202) og for maksimal cykeltest var den 180 (103-217) slag/min. Jævnfør den tidligere beskrivelse af steptesten er dette i overensstemmelse med forventningerne til testen, da det antages at koordinationen af underekstremiteterne kompromitteres på det tidspunkt hvor det anaerobe energibidrag accelereres. Under antagelse af en gennemsnitlig hvilepuls på 60 slag/min og at der under cykeltesten opnås 95 % af reel maksimalpuls, kan det estimeres at steptesten generel afsluttes på en relativ belastning omkring 75-80 % af den maksimale iltoptagelse.

Disse pulsdata underbygger samtidigt den oprindelige antagelse om steptesten som en præstationsbegrænset submaksimal test. Samtidigt indikerer målingerne at forskellige individer stopper steptesten på nogenlunde samme submaksimale niveau, som ud fra procentværdien passer rimeligt med den teoretiske intensitet, hvor det anaerobe energibidrag accelereres.

Test-retest

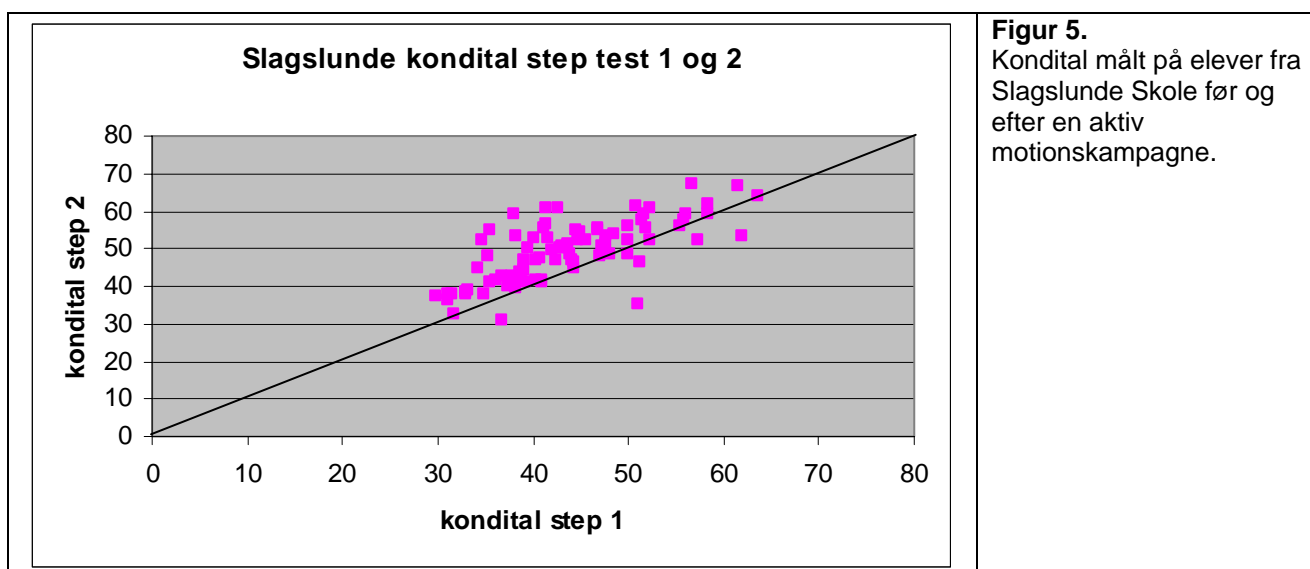
Femogtyve unge forsøgspersoner fra Søndermarksskolen og Hjortespringsskolen gennemførte testen ved to forskellige lejligheder med ca. 1 uge imellem. Da der ikke var nogen signifikant forskel mellem test 1 og test 2 indikerer disse data en rimelig test-retest validitet.



Eksempler på praktisk anvendelse af steptesten

A. Motionskampagne på Slagslunde Skole

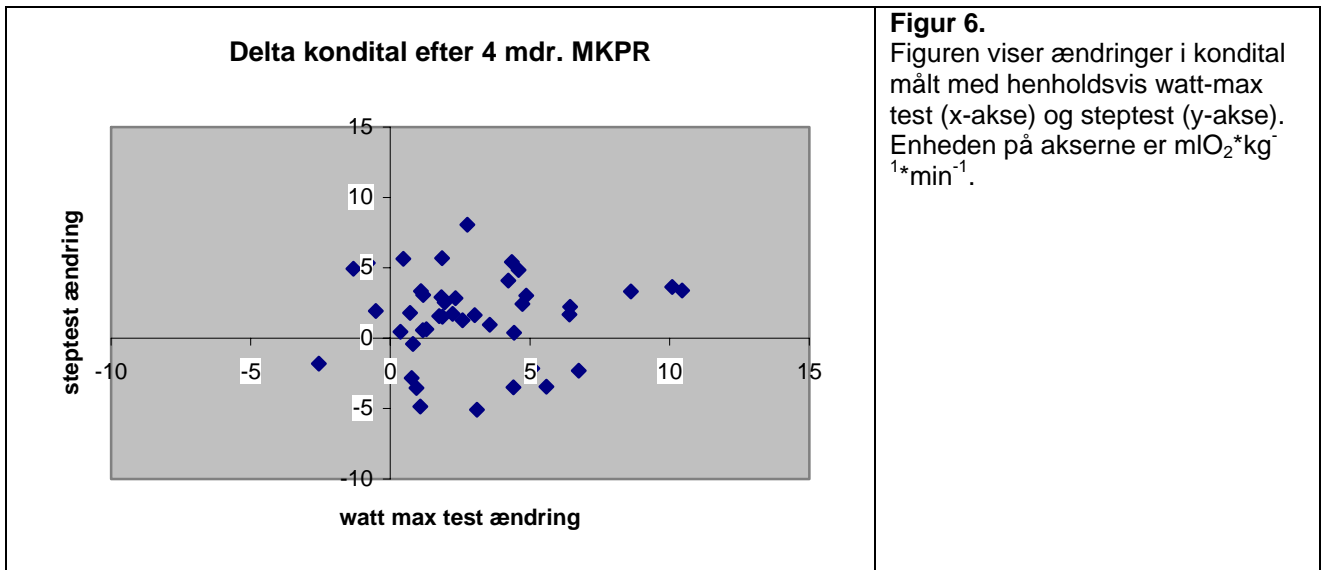
I foråret 2005 gennemførte Slagslunde skole en kampagne med fokus på fysisk aktivitet. Der blev bl.a. uddelt skridttællere til børnene og lærerne inddrog på forskellig måde temaet i undervisningen. Derudover blev der tilbudt ekstra idrætsaktiviteter til børnene. Steptesten blev anvendt til at evaluere børnenes kondital før og efter kampagnen.



Figuren ovenfor viser at der var en signifikant fremgang over perioden og jævnfør vores tidligere test-retest vurdering, så skyldes denne fremgang næppe en tilvænning til testen, men derimod en reel forbedring i præstationsevnen. Udover selve det kvantitative element i testen, så var det tydeligt at den for børnene havde en væsentlig symbolværdi i forhold til kampagnens gennemførelse.

B. Patienter henvist Motion og kost på recept i Københavns Kommune

Sideløbende med Åstrands 1-punkts test og watt-max testen blev patienterne i MKPR på Rigshospitalet også testet med den nye steptest før og efter de 4 måneders træning. Konditallene der blev målt med steptesten var af samme størrelsesorden som dem der blev målt med watt-max testen. Derudover viste steptesten i de fleste tilfælde en ændring i samme retning som watt-max testen (figur 6).



Deltaplottet i figur 6 illustrerer at i 71 % procent af tilfældene detekterede steptesten en ændring i samme retning som en watt-max test. Selvom dette repræsenterer en rimelig konsensus mellem de to test, så peger værdien dog på at steptesten generelt er mere anvendelig til at estimere folks kondital rimeligt end den er til at detektere en ændring efter et moderat træningsprogram.

Konklusion: validitet og anvendelser af steptesten

Testen blev først og fremmest udviklet med henblik på at være en hurtig og nem metode til testning af kondition hos potentielle MPR-patienter eller andre populationer der potentielt har en kritisk lav kondition. Testen har vist sig velegnet til dette formål med en tilfredsstillende validitet. Specielt hos personer med dårlig kondition er risikoen lille i forhold til at det bliver den rent koordinationsmæssige formåen der sætter en begrænsning. En typisk MPR-patient vil blive testet på en skammelhøjde på 25 cm og nå 3-4 minutter ind i testen. For de fleste vil dette være en uproblematisk stephøjde og stepkadence. Risikoen for koordinationsproblemer under testen stiger med stigende præstationsevne, på grund af at den absolutte hastighed hvormed benene skal flyttes, vil være ret høj ved høj stephøjde og stepkadence. Som udgangspunkt er testen derfor bedst til personer i dårlig form og det er vigtigt at der altid gives tid til at indlære og øve stepsekvensen.

I forhold til skolebørn er testen generelt ikke egnet til de yngste børn. Vores erfaringer fra test af de mange skolebørn siger, at fra 4. klasse og opefter er der meget få børn der har koordinationsproblemer (< 10 %). Udover koordinationen er det for de yngste børn svært at fasthold et disciplineret bevægelsesmønster, hvor der trædes helt op til strakt ben hver gang.

En alternativ anvendelse af testen vil være at bruge den som et screeningsværktøj hvor der kun køres til nogle fastsatte grænseværdier. Herved kan testen anvendes meget tidseffektivt og på en måde så de fleste ikke bliver presset særligt hårdt under testen. Dette kan f.eks. udnyttes ved klinisk brug og ved populationsundersøgelser. Med udgangspunkt i hvad der normalt betragtes som ”meget lav” kondition for en given aldersklasse, kan følgende tidsmål for testen anvendes:

| Alder | Tid – Mænd ¹⁾ | Tid – Kvinder ²⁾ |
|----------|--------------------------|-----------------------------|
| 20-29 år | 4.30 | 3.45 |
| 30-39 år | 4.00 | 3.35 |
| 40-49 år | 3.30 | 3.15 |
| 50-59 år | 2.35 | 2.30 |
| 60-69 år | 2.05 | 1.35 |

¹⁾ Ved 30 cm skammel og kropsvægt 75 kg

²⁾ Ved 25 cm skammel og kropsvægt 65 kg

Ved testens afslutning noteres det blot hvorvidt patienten nåede tidsmålet.

Sammenfattende

Testen har vist sig at være en egnet alternativ til eksisterende testmetoder, specielt i tilfælde hvor man ønsker at undgå anvendelse af pulsmåling og maksimalbelastning på ergometercykling. På grund af at testens usikkerheder ift. at definere sluttidspunkt, varierende grad af koordinationsbesvær og forskelle i relativ belastning på sluttidspunktet er testen behæftet nogen usikkerhed, som gør den mindre velegnet til at detektere forbedringer efter moderate træningsinterventioner. Til gengæld er testen tilstrækkelig præcis til en rimelig kategorisering af en persons kondition og med mindre risiko for fejlklassificering sammenlignet med pulsbaserede testformer.

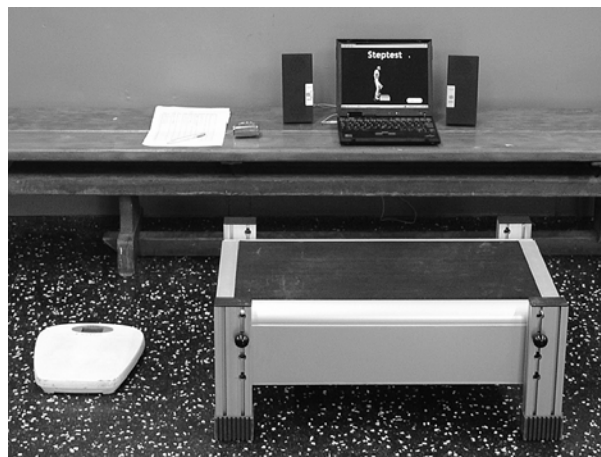
Bilag

Den nye steptest – praktisk gennemførelse

Testen er en gradvist stigende arbejdstest, hvor der anvendes en 20-35 cm bænk til opstigninger med et tempo der gives fra et computerprogram eller en lydfil. Ved testens start er tempoet så langsomt at der skal trædes op på bænken hvert 5. sekund. Tempoet øges gradvist således at det hurtigste tempo svarer til en opstigning ca. hvert sekund.

Under testen skal man følge tempoet så længe som muligt. Sluttiden omsættes til en iltoptagelse og et kondital.

Testen vil maksimalt køre i 6 minutter.



En typisk opstilling til steptest: en justerbar bænk og en laptop med højttalere placeret foran bænken.

Guidelines for valg af stephøjde:

20 cm: Meget svage personer, evt. ældre med bevægeapparatsproblemer.

25 cm: Konditionssvage personer, evt. ældre, typiske "Motion på recept"-patienter.

30 cm: Raske kvinder, børn

35 cm: Raske mænd, meget veltrænede kvinder

Instruktion:

1. Fortæl om testens gennemførelse. Forevis stepsekvensen: Når der bliver sagt "Højre" trædes op på bænken med højre fod, venstre følger efter og der trædes ned igen med højre fod først og venstre fod sidst. Når der bliver sagt "Venstre" trædes op med venstre fod først – og så fremdeles.
2. Der skal trædes helt op til strakt ben (strakt knæ) hver gang – vigtigt!
3. Hele foden skal sættes fladt ind på bænken.
4. Tilvænning: lad testpersonen øve stepsekvensen i et roligt tempo, indtil sekvensen er automatiseret. Hvis dette ikke kan indlæres på relativ kort tid vil testens resultat ikke være validt.
5. Start computerprogrammet eller lydfilen.
6. Hvis der laves en "fejl", men man straks efter er i stand til at komme ind i rytmen igen fortsættes testen.
7. Typiske kommentarer undervejs vil være: "Fang rytmen igen", "Op til strakt ben" og "Hele foden ind"
8. Testen er slut når rytmen ikke længere kan følges (4 opstigninger i træk har været bagefter)
9. Sluttiden omsættes til et kondital

Materialer til testen er tilgængelig fra www.steptest.dk

Referencer

- 1) Andersen LB. A maximal cycle exercise protocol to predict maximal oxygen uptake. *Scand J Med Sci Sports* 1995 Jun;5(3):143-6
- 2) Wedderkopp N, Froberg K, Hansen HS, Andersen LB. Secular trends in physical fitness and obesity in Danish 9-year-old girls and boys: Odense School Child Study and Danish substudy of the European Youth Heart Study. *Scand J Med Sci Sports*. 2004 Jun;14(3):150-5.
- 3) Fysisk aktivitet – håndbog om forebyggelse og behandling. Sundhedsstyrelsen, Center for Forebyggelse 2003.
- 4) Mahadeva K, et al. Individual variations in the metabolic cost of standardised exercises: the effects of food, age, sex and race. *J Physiol* 1953; 121:225 (via McArdle, Katch & Katch. *Exercise physiology*. 5th ed. p. 214)
- 5) Åstrand & Rodahl. *Textbook of work physiology*. 3rd ed. Chapter 8. McGraw-Hill 1986.