

Ergometri konditionsprov

av Per-Olof Åstrand, professor i fysiologi på Gymnastik- och Idrottshögskolan, Stockholm
Originaltext från 1964.



 **MONARK**
EXERCISE AB

www.monarkexercise.se

Motion är hälsa

Under 1950-talet utvecklade Dr W von Döbeln en princip för noggrann bestämning av bromseffekten för cykelergometern. Vår institution engagerade sig samtidigt i ett utbildningsprogram med en bestämd målsättning: att lära gymnastiklärare, idrottsledare och intresserade "lekmän" de grunder som krävs för att man skall kunna tjänstgöra som informatör och instruktör i en rad hälsofrågor. Det föll sig naturligt att lära ut hur man gör en enkel test av hjärtfunktion och träningstillstånd med hjälp av cykelergometer. Vi flyttade med andra ord ut ergometern från traditionell laboratorie- och sjukhusmiljö till skolor, klubbar, företag. Det blev en framgång så till vida att de befintliga resurserna att tillverka cykelergometern inte på långt när kunde tillfredsställas. Det var på initiativ av idrottsrörelsen och i viss mån vår institution som Monark övertalades att ta upp produktionen av cykelergometern!

Cykling är en enkel arbetsform. Studier har visat att olika personer, kvinnor och män, tränade och otränade, yngre och äldre, når ungefär samma energiomsättning vid en given belastning (effekt). Det betyder att behovet av syre är relativt lika, d v s den mekaniska verkningsgraden är ganska lika för olika individer. Belastningen på cykelergometern ger således en god uppfattning om de krav som ställs på de syretransporterande organen, speciellt då hjärta och blodomlopp. Den blodvolym som hjärtat pumpat ut i stora kroppspulsådern (aorta) är i hög grad bestämd av just syrebehovet. Med en teknisk term kallas den blodvolym som vänsterhjärtat pumpar ut per minut för hjärtats minutvolym. Tömningen för varje slag kallas hjärtats slagvolym. Vi får då sambandet

Minutvolym = Slagvolym \times Hjärtfrekvens ("pulsen").

En person med liten slagvolym måste kompensera detta med en hög puls för att nå en viss minutvolym. Pulsen under ett givet arbete på cykelergometern blir alltså hög. Om denne person vid testillfället varit relativt otränad kan en fysisk träning ge en ökad slagvolym. Ett nytt arbetsprov på samma belastning någon månad senare klaras då med en lägre pulsfrekvens. Därmed kan hjärtat arbeta med bättre effekt och med mindre energibehov. Den maximala syreupptagningsförmågan ökar också. Ergometerprovet kan alltså avslöja variationer i träningstillstånden. I samband med läkarundersökning eller andra medicinska studier kan så mer eller mindre sofistikerade metoder komplettera den enkla pulstagningen.

Allmänt om motion

Människokroppen är byggd för aktivitet – inte för vila. Kampen för tillvaron har krävt god rörelseförmåga. Men för fullgod funktion måste hjärta, blodomlopp, muskler, skelett och nervsystem regelbundet utsättas för en belastning, en träning.

Förr i tiden fick kroppen motion både i arbetet och under fritiden. I det moderna samhället har maskinerna alltmer övertagit de arbetsmoment som tidigare klarades med muskelkraft. Vi har kommit in i en tillvaro dominerad av sittande, åkande eller liggande. Den naturliga och viktiga stimulans som vävnader och inre organ får genom fysiskt arbete har därmed bortfallit. Många av kroppens vävnader har den inbyggda egenskapen att de i hög grad anpassas till inaktivitet och aktivitet. Detta gäller muskler, ben, blod. Den fysiska arbetsförmågan kan härigenom påverkas i såväl negativ som positiv riktning. Undersökningar på GIH:s fysiologiska institution har visat, att om man avsätter 30 minuter för motionsträning i form av löpning, cykling, simning eller skidåkning 2-3 gånger per vecka har konditionen förbättrats 15-20 % efter ett par månader. Hjärtmuskels pumpförmåga ökar och leder och muskler tillväxer i styrka. Kroppen anpassar sig till de nya kraven. Reservkrafterna kommer och man känner sig mindre trött och sliten. Med ökad fysisk aktivitet motverkas fetma, aptiten fungerar "säkrare", man kan äta mer utan risk för övervikt och därmed minskar risken för brist på viktiga näringsämnen. För många innebär motionens träningseffekt också att den psykiska balansen ökar. Känslan av att orka mer gör ofta att man lättare bibehåller humör och uthållighet i pressade situationer.

Vad skall jag ägna mig åt?

Två saker bör du tänka på!

1. För det första ska du ha roligt, då du motionerar, du ska alltså välja något som du gläder dig åt att få utöva regelbundet.
2. För att få en god träningseffekt ska du välja en motionsform som engagerar stora muskelgrupper. Först när det sker blir kravet på ökad blodtransport och därmed kravet på levererat syre så stort att hjärtat utsätts för ett arbete som ökar pumpförmågan. Löpning, cykling, simning, skidåkning, gång är utmärkta exempel på grenar som fyller detta krav.

P.O. Åstrand

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	2
Arbetsform	3
Arbetsprov med ergometercykel.....	4
Cykelergometerns konstruktion, beräkning av arbetet	4
Inställning av belastningen	4
Arbetsprovets utförande	5
Val av belastning.	8
Bedömning av arbetsprov.....	8
Innebörden av kapacitet för syretransport	12
Protokoll, grafisk framställning av resultat.	19
Träning och motion på cykelergometer.	21
Sammanfattning av arbetsprovets förlopp:	22

Inledning

Det finns efter hand många fysiologiska och medicinska undersökningar som påvisar en för individen gynnsam effekt av regelbunden fysisk träning. Med "kondition till vardags" menas att träningen skall skapa en arbetsförmåga som väl täcker rutinarbetets krav. Begreppet kondition bör helst beteckna träningsstillståndet för hjärtats och blodomloppets funktion (de syretransporterande organen, se nedan). Det är således mera utnyttjat för en kvalitets- än en kvantitetsbedömning. Personen med den *lägre prestationsförmågan* kan således ha en bättre kondition än den som tack vare goda anlag och förutsättningar kan prestera mera.

Ett objektiva sätt att följa variationer i konditionen är att bestämma pulsfrekvensen under ett standardarbete på t ex en cykelergometer. Jag skall redogöra för den fysiologiska bakgrunden till detta arbetsprov, beskriva cykelergometer och metodik samt ge synpunkter på bedömning av resultaten av ett arbetsprov.

(En mera utförlig redogörelse för arbetsförmåga och kondition, träning m m ges i boken "Bättre kondition", Forum, 4:e uppl 1965.)

Av de grekiska orden ergon (= arbete) och metron (= mått) kan ordet "ergometri" härledas, och översättningen blir ganska ordagrant "arbetsmätning". Det finns instrument för arbetsmätning, ergometrar, av olika konstruktion, allt efter den form av analys man önskar göra av en individs funktionsförmåga.

Musklernas förmåga att variera sin ämnesomsättning överträffar alla andra vävnaders, och beräkningar tyder på att musklernas omsättning kan öka hundrafalt jämfört med vila. Härvid ställs stora krav på "service-organen", främst andningsapparat och kretslopp, eftersom i annat fall funktionen skulle äventyras av en alltför stor ändring i cellmiljön, genom en ansamling av spjälkningsprodukter och koldioxid samt en överhettning. Ingen annan cellverksamhet kan i så hög grad belasta andningsmuskler och hjärta som muskelaktivitet. Under längre tids arbete (minuter och längre) är en "förbränningsmotor" väsentlig. Den erforderliga energin fås från förbränning i musklerna av fett och kolhydrat, en förbränning som kräver syre.

I en forskning som är inriktad på att utröna regleringen av andning och cirkulation är det nödvändigt att utsträcka undersökningarna till arbetsförsök, där både submaximalt och maximalt arbete ingår. I en värdering av kretsloppets funktion kan också en undersökning av individen under utförandet av muskelarbete ge viktiga upplysningar. En nedsättning i hjärtats pumpförmåga kanske inte avslöjas under vila, då kravet är 4-5 minutlitrar blod, men väl om belastningen till följd av arbete är 10-15 liters minutvolym. Såväl inom kliniken som vid en sk hälsoundersökning kan det vara värdefullt, att man kan åstadkomma den höjning i energimotsättningen, som den undersökte normalt utsätts för genom sin dagliga gärning. Om arbetsbelastningen kan mätas exakt, kan man följa hur reaktionen på belastningen ändras till följd av en sjukdoms utveckling, under konvalescens, genom en träning etc.

Med dessa exempel vill jag påvisa att undersökningar av individen under muskelaktivitet är viktiga för att ge svar på såväl teoretiska som praktiska frågeställningar.

Jag skall redogöra för metodiken vid ett enkelt arbetsprov och ge synpunkter på bedömning av resultaten. Några enhetliga nationella eller internationella normer finns ännu ej. Vetenskap inom området är så ny att vårt vetande ännu inte ens tillåter strikta normer. Erfarenheterna jag redovisar för grundar sig främst på den arbetsfysiologiska forskning som bedrivits vid GIH:s fysiologiska institution under dess ca 20-åriga tillvaro.

Arbetsform

Om ett arbetsprov tar sikte på en analys av de syretransporterande organens funktion bör stora muskelgrupper engageras. Vid submaximala arbeten bör arbetstiden vara minst ca 4 minuter för att en anpassning av andning och kretslopp skall ske, så att steady state ("andra andningen") inträffar, d v s att syreupptagningen i lungorna motsvarar vävnadens syrebehov. I steady state-begreppet införstås att sådana lätt mätbara funktioner som pulsfrekvens och lungventilation skall ha nått en stabil nivå. Det är en fördel om arbetets tyngd kan varieras inom vida gränser, så att personer med olika kapacitet kan belastas ungefär lika relativt sett. Är arbetet för lätt (puls under 100-120 slag/min) kan psykologiska faktorer, som nervositet inför provet, komma att inverka på pulsreaktionen. Blir arbetet för tungt ställs stora krav på den undersöktes vilja att medverka, och en viss risk för överbelastning finns.

Cykling har visat sig vara en mycket lämplig arbetsform, bl a därför att en viss belastning (ej maximal) kräver ungefär samma energiutveckling hos cyklisten om han är ung eller gammal, tränad eller otränad, elitcyklist eller ovan vid cykling. För att möjliggöra en exakt mätning av det utförda yttre arbetet har man konstruerat *ergometercykeln*. Denna är ingen ny uppfinning, den har funnits i fysiologiska laboratorier i många årtionden, där den har använts för att ge försökspersonen en graderad och mätbar belastning.

I anslutning till arbetet kan man så utföra undersökningar över arbetets inverkan på blodomloppet, andningen och ämnesomsättningen. Under de sista tio åren har "ergometrin" fått stor aktualitet också inom idrotten, inom arbetsforskningen, i industrin och inom sjukvården. Ergometercykeln har således blivit ett betydelsefullt hjälpmedel vid bedömning av den fysiska arbetsförmågan och av konditions- och träningstillståndet. Ergometercyklar finns av olika konstruktion och i olika prislägen. Den av MONARK tillverkade typen är en vidareutveckling av en av laborator W von Döbeln angiven konstruktion, som instrumentmakare H Hagelin vid GIH har givit den tekniska utformningen. Den kan även användas för arbete i liggande ställning, t ex placerad på ett stativ eller "bord" framför en säng.



Figur 2. Monark cykelergometer

Arbetsprov med ergometercykel

Huruvida en förundersökning skall göras beror givetvis på kategorin av försökspersoner och frågeställningen. *I många fall har arbetsprovet ej karaktär av en medicinsk undersökning*, i andra fall ingår provet som ett diagnostiskt hjälpmedel. För aktiva idrottsmän innebär som regel arbetsprovet en mindre belastning än själva träningen och tävlingen. För äldre, helt otränade personer, samt patienter bör självfallet en noggrann anamnes samt klinisk undersökning främst omfattande cirkulationsprocessen, föregå.

(I allmänhet förenas under sådana förhållanden arbetsprovet med EKG-registrering, och ett EKG tas då och tolkas omedelbart före arbetet. Huruvida läkare bör vara närvarande vid själva provet beror således på den undersöktes hälsotillstånd samt provets syfte.)

För arbetsprovets genomförande krävs 1) cykelergometer; 2) metronom; 3) vanlig klocka eller tidtagarur för "långtid"; 4) tidtagarur som möjliggör tidtagning med 1/10 sekund eller specialklocka för pulsräkning; om möjligt en 5) bordsfläkt.

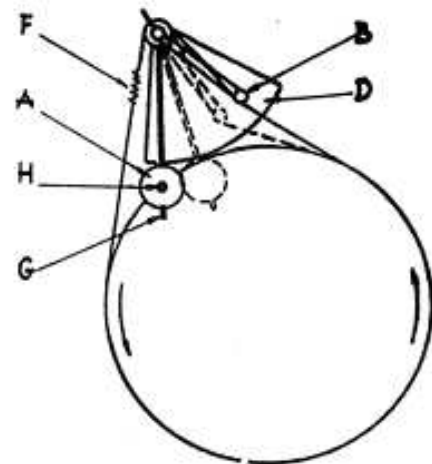
Cykelergometerns konstruktion, beräkning av arbetet

("Monark"), se figur 3 och 4.

Utväxling och hjulets omkrets har dimensionerats så, att ett fullständigt tramptag flyttar en punkt på "fälgen" 6 meter. Metronomen inställes så, att den slår *exakt* 100 enkelslag per minut (inställes med hjälp av stoppur; om möjligt fixeras den skjutbara vikten i detta läge, t ex med en skruv). Följes dess takt så att hela 50 tramptag utförs per minut, blir "vägsträckan" 300 meter per minut.

Bromsningen av hjulet sker mekaniskt genom ett band som löper runt hjulets "fälg". Bandets båda ändar är fästade på en vridbar trumma. På denna är en pendel (A i figur 3) fixerad. Anordningen verkar således som en pendelväg, vilken mäter skillnaden i dragkraft på bandets båda ändar.

Bandet kan spännas med hävarmen B, som regleras med ratten C, och pendelns utslag avläses på en i kilopond (kp) graderad skala D. Den genom reglering av bandets spänning inställda bromskraften (kp) multiplicerad med vägsträckan (m) under trampningen, ger antalet kilopondmeter (kpm), d v s arbetets storlek. Uttrycks vägsträckan per minut, erhålls effekten eller antalet kpm/minut. (En kilopond är den kraft med vilken massan 1 kg påverkas av jordens dragningskraft; 100 kpm/min = 16,35 watt).



Figur 3

Inställning av belastningen

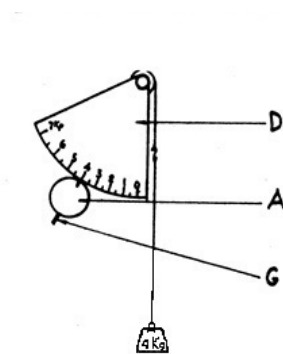
Cykelergometern skall stå på ett jämnt, fast underlag. Med försökspersonen (fp) på cykeln, *utan att tramporna berörs*, inställes med skruven E skalan D:s "0"-streck så, att det sammanfaller med pendelvikten A:s index. *Denna inställning är en förutsättning för att riktig belastning skall kunna ställas in.*

Då arbetet påbörjas, bör bromsbandet vara slakt. Därefter spänns bandet med hjälp av ratten C, så att önskad arbetstyngd erhålls (1 kp = 300 kpm/min, 2 kp = 600, 3 kp = 900 kpm/min etc under förutsättning att trampfrekvensen är 50 per min). Långtidsklockan startas (avläses): I och

med att band och hjul värms upp ändras friktionen, och en efterjustering måste göras, särskilt om cykeln ej använts på ett tag. *Kontrollera belastningen minst varje min.*

Om cykelergometern använts lång tid utan uppehåll kan det inträffa, att *bandet "hugger"* och pendelvikten ej stabiliseras, speciellt vid låg belastning. Om man gör tillfälligt stopp och vänder bromsbandet 180° (så att utsidan kommer mot fälgen), blir inställningen vanligen åter stabil.

Om *bromsbandet slitits* hårt, eventuellt gått av, kan det, tack vare "svenskremmarna" lätt ersättas, och bästa materialet är s k markisband. Tillfälligt kan ett vanligt grovt snöre eller dylikt användas. Med hjälp av "svenskremmarna" kan också bandets längd justeras så att belastningen med ratten C kan varieras mellan ca 0,5 och 7 kp. Går ej detta är fjädern F:s spänning felaktig (den mattas med tiden) och bör bytas. (MONARK tillhandahåller fjädrar.)



Figur 4

Vid *transport* av cykelergometern kan hela vågen demonteras eller bör i varje fall pendelvikten A fixeras med emballage.

Det bör noteras att friktionen i transmissionen, huvudsakligen i kedjan, ökar arbetsbelastningen med cirka 8 % utöver den beräknade med hänsyn till bromskraft och vägsträcka.

(Detta gäller också många andra ergometercyklar, t ex Krog-ergometern.)

I tabell 2, där syreupptagningsförmågan vid olika arbetsbelastningar presenteras, har emellertid hänsyn tagits till denna extra friktion. Därför är en arbetsbelastning på 600 kpm i verkligheten 650 kpm och 1200 kpm 1300 kpm.

Denna tilläggsbelastning måste beaktas när man jämför arbetsbelastning, syreupptagningsförmåga och puls på Monark cykelergometer med kalibrerade elektroniskt bromsade cykelergometrar.

Eftersom både syreupptagningsdata (tabell 2) och senare förutsagd maximal syreupptagningsförmåga erhöles genom att anta en friktionseffekt som inte behöver tas med i räkningen, behövs ingen korrigeringsfaktor för tabellerna i denna bok även om de faktiska arbetsbelastningarna är 8 % högre än de upptagna.

(Syreupptagningen 1,5 liter/min vid 50 watt eller 600 kpm/min är faktiskt erhållen vid cirka 54,5 watt eller 650 kpm/min.)

Om man misstänker att *kalibreringen* ej stämmer, undersöks att pendelvikten justerbult G har "obruten" färgplomb. Kontrollera att rullen på vilken bandet fäster går lätt (den är kullagerlagrad). Kalibreringen kan kontrolleras på följande sätt. Cykeln lutas framåt. Pendelvikten index ställs mot "0" (enligt fig 4 ovan). Vikt av känd tyngd fästs som framgår av fig 4, och härvid skall 1 kg ge utslag till "1 kp" på skalan D, 2 kg visa på "2 kp" etc. Pendelvikten tyngdpunkt kan ändras med hjälp av justerbulten G (som låses med skruven H). Innan ändringen görs kontrolleras att vikten verkligen håller angiven massa. Kalibreringen görs nämligen med yttersta omsorg vid MONARK, och om ej justerbulten flyttas eller åverkan gjorts på pendelvågens mekanik, är denna kalibrering en engångsföreteelse.

Kedjan skall vara sträckt som på en vanlig cykel, d v s kunna röras ca 1 cm.

Smörjning. Se till att kedjan inte går torr. Smörj med några droppar god olja.

Arbetsprovets utförande

Kraftig aktivitet bör ej företagas timmarna före arbetsprovet, och det bör ej utföras tidigare än ca 1 timme efter lättare måltid, längre tid vid kraftigare mål. Likaså bör rökning ej ske under sista 30 minuterna före provet.

Erfarenheten visar att vilopausen vanligen ej ger några upplysningar utöver arbetsprovet. Den tid som står till förfogande får alltså avgöra huruvida provet skall föregås av vila i liggande eller sittande ställning.

Sadel och styre ställs in efter fp:s önskan. Försök har visat att verkningsgraden (energiomsättningen) inte varierar med höjden för styre och sadel, så länge man håller sig inom rimliga gränser. Bekvämast, och vid mycket tungt arbete effektivast, är en sadelhöjd, som när fp har främre fotbladet på trampan, i nedre läget ger lätt böjning i knäleden (knäets främre del rakt över fotpetsen).

Under förutsättning att arbetet ej är för tungt, ökar andning och blodomlopp under de första minuternas arbete, och en nivå inträffar därefter. Pulsökningen kan lätt konstateras om pulsen räknas varje minut, och efter 4-5 minuters arbete är pulsvärdet vanligen konstant (s k steady state). (För att kunna arbeta behöver musklerna syre och näringsämnen, koldioxid och "avfallsprodukter" skall avlägsnas, och denna transport belastar andning och blodomlopp.) En arbetstid på ca 6 minuter är således i de flesta fall tillräcklig för att anpassa pulsen till det utförda arbetet. *Lämpligen räknas pulsen mot slutet av varje minut, och medelvärdet av pulsfrekvensen vid 5:e och 6:e minuten betecknas som arbetspulsen* vid arbetet i fråga. Är skillnaden i dessa sista pulstagningar större än 5 slag per minut, förlängs arbetstiden med en eller flera minuter så att en konstant nivå nås. Lättast känner man pulsen över halspulsådern strax nedanför käkvinkeln (tryck inte för hårt!), och exaktaste värdet får man om tiden tas för 30 pulsslslag (stoppur som mäter 1/10 sekund startas på pulsslslag "0"). Med hjälp av tabell 1 omvandlas denna tid för 30 slag till pulsfrekvens per minut. Exempel: om 30 pulsslslag tagit 12,4 sekunder är pulsen 145 slag per minut. *Obs!* att det för den ovane är svårt att bestämma pulsfrekvensen: metronomen förvillar, fp är i rörelse, pulsen känns mer eller mindre tydligt.

Träning under erfaren ledning är viktig.

Tabell 1. Omvandling av tiden för 30 pulsslag till pulsfrekvens per minut.

22.0 sek	82	17.3 sek	104/min	12.6 sek	143/min
21.9	82	17.2	105	12.5	144
21.8	83	17.1	105	12.4	145
21.7	83	17.0	106	12.3	146
21.6	83	16.9	107	12.2	148
21.5	84	16.8	107	12.1	149
21.4	84	16.7	108	12.0	150
21.3	85	16.6	108	11.9	151
21.2	85	16.5	109	11.8	153
21.1	85	16.4	110	11.7	154
21.0	86	16.3	110	11.6	155
20.9	86	16.2	111	11.5	157
20.8	87	16.1	112	11.4	158
20.7	87	16.0	113	11.3	159
20.6	87	15.9	113	11.2	161
20.5	88	15.8	114	11.1	162
20.4	88	15.7	115	11.0	164
20.3	89	15.6	115	10.9	165
20.2	89	15.5	116	10.8	167
20.1	90	15.4	117	10.7	168
20.0	90	15.3	118	10.6	170
19.9	90	15.2	118	10.5	171
19.8	91	15.1	119	10.4	173
19.7	91	15.0	120	10.3	175
19.6	92	14.9	121	10.2	176
19.5	92	14.8	122	10.1	178
19.4	93	14.7	122	10.0	180
19.3	93	14.6	123	9.9	182
19.2	94	14.5	124	9.8	184
19.1	94	14.4	125	9.7	186
19.0	95	14.3	126	9.6	188
18.9	95	14.2	127	9.5	189
18.8	96	14.1	128	9.4	191
18.7	96	14.0	129	9.3	194
18.6	97	13.9	129	9.2	196
18.5	97	13.8	130	9.1	198
18.4	98	13.7	131	9.0	200
18.3	98	13.6	132	8.9	202
18.2	99	13.5	133	8.8	205
18.1	99	13.4	134	8.7	207
18.0	100	13.3	135	8.6	209
17.9	101	13.2	136	8.5	212
17.8	101	13.1	137	8.4	214
17.7	102	13.0	138	8.3	217
17.6	102	12.9	140	8.2	220
17.5	103	12.8	141	8.1	222
17.4	103	12.7	142	8.0	225

Bestämning av pulsfrekvensen sker lämpligen sista 15-20 sekunderna av varje arbetsminut.

Val av belastning.

För *tränade*, aktiva idrottsutövare är risken för överansträngning i samband med ett arbetsprov ytterst liten. För kvinnliga fp väljs lämpligen 600 kpm/min (2 kp) och trampfrekvens 50, för manliga fp 900 kpm/min (3 kp). Om *arbetspulsen är högre än ca 130 slag/min* kan belastningen anses tillräcklig, och provet kan avbrytas efter 6 minuter. Är *arbetspulsen lägre än ca 130* ökas belastningen efter 6 minuter med 300 kpm/min i 6 minuters perioder så länge pulsnivån är under ca 150 slag per minut (tid för 30 pulsslåg = 12,0 sekunder). Nästa arbetsperiod fullföljs i 6 minuter, även om pulsen då överstiger 150.

För personer med väntad *lägre fysisk arbetsförmåga*, t ex helt otränade, äldre individer, lätta personer, väljs mindre arbetstyngder, och begynnelseintensiteten 300 kpm/min kan vara lämplig. Om pulsen efter några minuters arbetstid är lägre än 110-115 slag per minut kan man omedelbart höja belastningen med 150-300 kpm/min och långtidsklockan nollställs respektive avläses (detta för att spara tid!).

Om läkare ej är närvarande bör ett arbetsprov med *personer äldre än 40 år* avbrytas om pulsen passerar 150 slag per minut (tid för 30 pulsslåg = 12,0 sekunder), och belastningen för dessa drivs ej högre än till 600 kpm/min för kvinnliga fp och 900 kpm/min för manliga fp (2 resp 3 kp).

Vid tryck eller smärta i bröstet, smärta utstrålade mot vänster arm eller/och käkvinklar, vid kraftig hållkänsla och/eller besvärande andfåddhet avbrytes provet.

Provet får absolut inte utmynna i en tävling att klara tunga arbeten. Den belastning som ger en arbetspuls på 130-140 slag per minut räcker vid sk konditionstestning, då avsikten är att arbetsprovet upprepas vid senare tillfällen. Den syreupptagning som motsvarar syrebehovet vid olika arbetstyngd framgår av Tabell 2.

Tabell 2. Syreupptagning under steady state vid olika arbetstyngd för personer med normal verkningsgrad; trampfrekvens 50 per minut. De tyngre belastningarna kan bara klaras med tillfredsställande syretillförsel ("aerob") av personer med mycket hög syreupptagningsförmåga.

Arbetsbelastning		Syreupptagning liter/minut
Watt	kpm/min	
50	300	0,9
100	600	1,5
150	900	2,1
200	1200	2,8
250	1500	3,5
300	1800	4,2
350	2100	5,0
400	2400	5,7

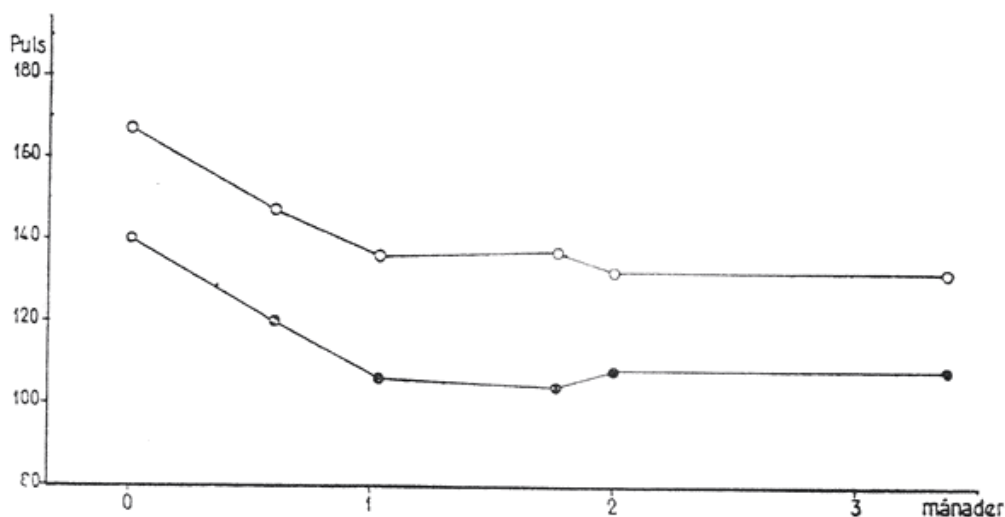
Bedömning av arbetsprov.

Arbetsprovet i den enkla utformning som beskrivits ovan ger faktiskt ganska små möjligheter att värdera den undersöktes fysiska prestationsförmåga i löpning, skidåkning, simning etc. Vid utförandet av olika idrottsgrenar och fysiska arbeten över huvud taget, spelar "motoreffekten" visserligen stor roll, men väsentliga faktorer är bl a tekniken och de psykiska egenskaperna, t ex förmågan att plåga sig. Arbetsprovet ger en uppfattning om "förbränningsmotorns" kapacitet, d v s syreupptagningsförmågan, men även här finns felkällor. Maximala pulsfrekvensen under arbete varierar med ålder, men också inom samma åldersgrupp. En puls på 150 under arbete

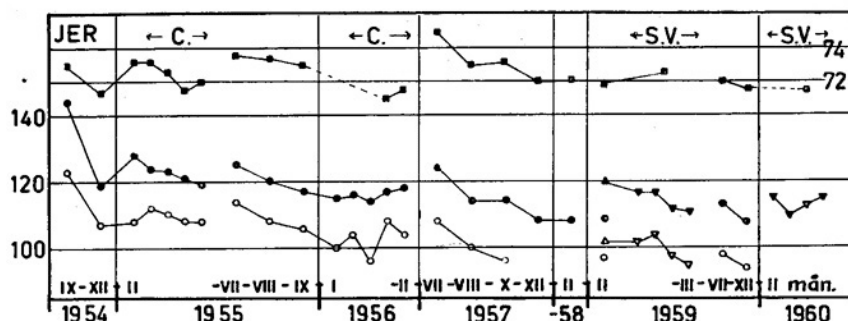
innebär nästan maximalt arbete för personen med maximal puls 160, men känns relativt lätt för den som har ett pulstak vid 200 slag per minut. Den effekt dessa försökspersoner vid testarbetet utvecklar i förhållande till den maximala kapaciteten är självfallet olika. Deras "test"-värden är identiska, men syreupptagningsförmågan med säkerhet mycket olika.

Viktigaste användningsområdet för arbetsprovet, som det här beskrivits, är att vid flera tillfällen, t ex under en träningsperiod, testa individen. Härigenom kan objektivt fastställas om en konditionsträning varit effektiv. Den tränande kan i hög grad stimuleras genom sådana testningar. En effektiv konditionsträning medför bl a en ökning i hjärtats slagvolym, varför en viss syretransport kräver lägre puls. Syreupptagningsförmågan ökar och därmed "förbränningsmotorns" effekt. Förmågan att "köra på högt varv" kan också öka med en träning, en förmåga som dock ej avspeglas i testet. (En otränad kan ej prestera mer än ca 50 % av sin maximala syreupptagning under en timmes kontinuerligt arbete, medan en vältränad skidåkare kan hålla ett tempo som kräver 80-90 % av maximala effekten på "förbränningsmotorn".)

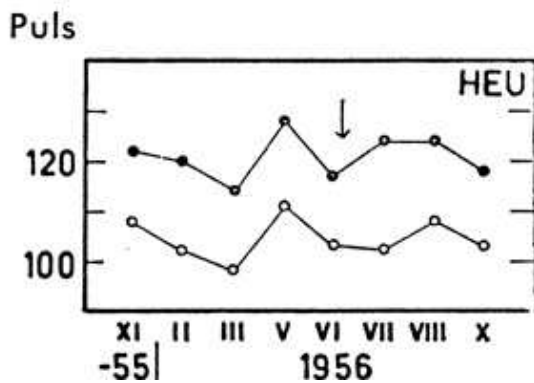
Figur 5 ger exempel på pulssänkning vid prov med 600 och 900 kpm/min upprepade under några månaders uppträning av en "hösäck till muskelknutte". Fig 6 visar hur arbetspulsen ändrats dels inom träningsperioder, dels under årens lopp för en i internationella tävlingar framgångsrik skidåkare.



Figur 5. Kroppsvikt (x) och pulsfrekvens i steady state under funktionsprov på cykelergometer under 3 ½ månaders träning. Arbetsintensiteter 600 (●) och 900 (○) kpm/min. (Efter Åstrand och Hedman, 1958)



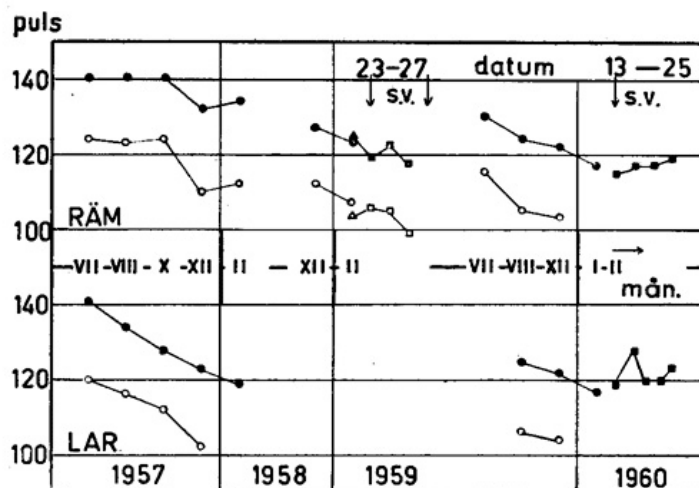
Figur 6. Kroppsvikten (■) och pulsfrekvensen vid arbete på cykelergometer vid olika tillfällen 1954-1960 för Sixten Jernberg, flerfaldig guldmedaljör i längdåkning på skidor. Symboler: C = Cortina), S.V. = Squaw Valley, ofyllda beteckningar 900 och fyllda 1.200 kpm/min. Δ och ▲ prov i undertryckskammare vid tryck motsvarande 1.800 m höjd = Squaw Valley. I februari 1958 VM-tävlingar i Lahti där två segrar noterades.



Figur 7. Pulsfrekvens vid 900 (○) och 1.200 (●) kpm/min vid upprepade test med en kanotist som tränade för OS i Melbourne 1956 (november). I april-maj upphörde tillfälligt löpträningen; vid pilen bröts ett revben, vilket hindrade träningen. (Fp Heurlin).

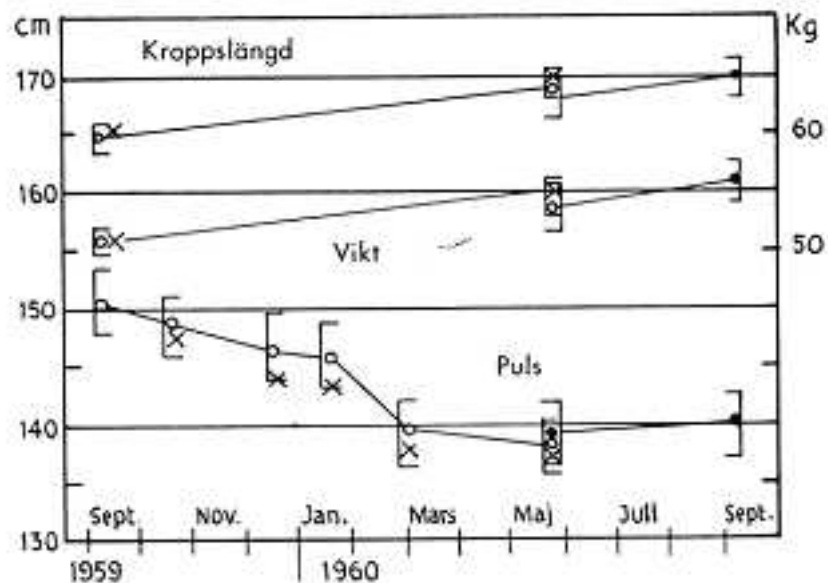
Fig 7 återger värden för en kanotist som tränade för OS i Melbourne 1956. Konditionen förbättrades under vinterns och tidiga vårens skid- och löpträning. Då isarna gick upp övergick vederbörande nästan helt till paddling. Genom att färre muskelgrupper härvid engageras, kunde konditionstillståndet ej bibehållas, vilket "testvärden" visar (12 maj). Ett revbensbrott försvårade träningen under ca 1 ½ månad framåt. (Framgång vid OS uteblev p g a att paddeln bröts vid starten!).

Ytterligare ett exempel visas i fig 8. Där anges dels pulsfrekvensen vid fem tillfällen juli 1957 – februari 1958 då vederbörande skidåkare (LAR) tränade för världsmästerskap. Fortsättningen visar "testvärdena" inför och under olympiska spelen i Squaw Valley 1960. I augusti 1959 är pulsen vid 1.200 kpm/min ca 15 slag lägre än vid motsvarande tidpunkt två år tidigare och slutnivån bedöms också lägre. I Squaw Valley var höjden cirka 1.800 m över havet, vilket ger en viss syrebrist och i början av vistelsen normalt en pulsökning. Försökspersonen besvärades några dagar av "ont i halsen" och andra förkylningssymptom, och detta återspeglas troligen av en pulstopp vid arbetsprövning. Vid tävlingstillfällena var funktionsproven normala (han placerade sig som nr 5 på 30 km och 4 på 50 km). Inför 1960 tränade han efter midsommar ca en gång i veckan löpning i kontinuerligt hårt tempo 30-40 km, vilket kan förklara de bättre testvärdena och den bättre och framför allt jämnare tävlingssäsongen (i övrigt ungefär daglig träning).



Figur 8 Försöksserier som i figur 6 med Rolf Rämgård och Lennart Larsson, längdåkning på skidor. Symboler som i figur 6.

Figur 9 visar hur pulsfrekvensen, längd och vikt varierade för 14-åriga pojkar under ett läsår.



Figur 9. Arbetsprov med 600 kpm/min, pojkar födda 1945.

Längd, vikt samt pulsen efter cirka fem minuters arbete på cykelergometer.

Ofyllda symboler = medelvärde för 163 elever vid 7 läroverk

Fyllda symboler = medelvärde för 100 elever vid 4 läroverk

X = medelvärde för 238 elever vid 10 läroverk

Klamrarna anger ± 2 gånger medelvärdets medelfel.

Minskningen i arbetspuls från september 1959 till maj 1960 innebär en beräknad förbättring av syreupptagningsförmågan per kg kroppsvikt med 8 %. Efter sommarlovet var pojkarna 5 % sämre vilket talar för mindre träning då än under terminerna.

Innebörden av kapacitet för syretransport

För varje liter syre som åtgår vid en förbränning frigörs 4,7-5,05 kilogramkalorier. En mätning av syreupptagningen under arbete ger alltså ett mått på energiomsättningens storlek. Ju större en persons kapacitet för syretransport är (s k aerob kapacitet) desto större är den effekt han kan utveckla. En hög effekt innebär också att en viss energiomsättning kan klaras med relativt mindre fysiologisk belastning. Ett yrkesarbete bör t ex vid mera kontinuerligt arbete ej belasta syretransporterande organen till mer än ca 50 % av kapaciteten. Tabell 3 och 4 (för män resp kvinnor) ger möjlighet att beräkna maximala syreupptagningsförmågan från arbetspuls vid belastning. Exempel: en manlig fp har puls 147 vid arbete med 900 kpm/min. Enligt tabell 3 blir syreupptagningsförmågan 3,3 liter/min. Väger fp 74 kg erhålls med hjälp av tabell 6 den maximala syreupptagningsförmågan per kilo kroppsvikt, i detta fall $45 \text{ ml/kg} \times \text{min}$. Om olika belastningar genomförts används medelvärdet av den för varje belastning beräknade syreupptagningsförmågan. Alla personer följer inte "idealpulskurvan", och beräkningen från olika belastningar ger inte alltid samma maximala syreupptagning. Vid upprepade arbetsprov med samma individ bör en jämförelse av syreupptagningsförmågan emellertid endast göras beträffande värden beräknade från samma belastning (t ex för 900 kpm/min om man ena gången testat med 600 och 900 och den andra gången med enbart 900).

Tabellerna är grundade på resultat från arbetsprov på individer i 25-årsåldern som har en maximal puls på 195. Eftersom de flesta äldre personer har en lägre maximal puls (Tabell 5) kommer de att *överskattas* vad beträffar maximal syreupptagning. Därför måste den äldres värden korrigeras med hjälp av en åldersfaktor som presenteras i Tabell 5.

Exempel: En fp, vikt 79 kg, får vid 900 kpm/min arbetspulsen 139. Enligt tabell 3 erhålls en syreupptagningsförmåga på 3,6 liter/min. Är han 50 år blir värdet $3,6 \times 0,75 = 2,7$ liter/min. Per kilo kroppsvikt blir enligt tabell 6 syreupptagningsförmågan $34 \text{ ml/kg} \times \text{min}$. Om individens maximala puls är känd används istället den korrektionsfaktor som också återfinns i tabell 5.

Tabell 3. Beräkning av maximal syreupptagningsförmåga från arbetspuls och belastning på cykelergometer. (Från nomogram enligt Åstrand. *Acta physiol. Scand.* 49 [suppl. 169]. 1960, pp 45-60). Gäller för män. Värdet korrigeras för ålder enligt tabell 5.

Arbetspuls	Maximal syreupptagning l/min					Arbetspuls	Maximal syreupptagning l/min				
	300 kpm/min	600 kpm/min	900 kpm/min	1200 kpm/min	1500 kpm/min		300 kpm/min	600 kpm/min	900 kpm/min	1200 kpm/min	1500 kpm/min
120	2,2	3,5	4,8			148	2,4	3,2	4,3	5,4	
121	2,2	3,4	4,7			149	2,3	3,2	4,3	5,4	
122	2,2	3,4	4,6			150	2,3	3,2	4,2	5,3	
123	2,1	3,4	4,6			151	2,3	3,1	4,2	5,2	
124	2,1	3,3	4,5	6,0		152	2,3	3,1	4,1	5,2	
125	2,0	3,2	4,4	5,9		153	2,2	3,0	4,1	5,1	
126	2,0	3,2	4,4	5,8		154	2,2	3,0	4,0	5,1	
127	2,0	3,1	4,3	5,7		155	2,2	3,0	4,0	5,0	
128	2,0	3,1	4,2	5,6		156	2,2	2,9	4,0	5,0	
129	1,9	3,0	4,2	5,6		157	2,1	2,9	3,9	4,9	
130	1,9	3,0	4,1	5,5		158	2,1	2,9	3,9	4,9	
131	1,9	2,9	4,0	5,4		159	2,1	2,8	3,8	4,8	
132	1,8	2,9	4,0	5,3		160	2,1	2,8	3,8	4,8	
133	1,8	2,8	3,9	5,3		161	2,0	2,8	3,7	4,7	
134	1,8	2,8	3,9	5,2		162	2,0	2,8	3,7	4,6	
135	1,7	2,8	3,8	5,1		163	2,0	2,8	3,7	4,6	
136	1,7	2,7	3,8	5,0		164	2,0	2,7	3,6	4,5	
137	1,7	2,7	3,7	5,0		165	2,0	2,7	3,6	4,5	
138	1,6	2,7	3,7	4,9		166	1,9	2,7	3,6	4,5	
139	1,6	2,6	3,6	4,8		167	1,9	2,6	3,5	4,4	
140	1,6	2,6	3,6	4,8	6,0	168	1,9	2,6	3,5	4,4	
141		2,6	3,5	4,7	5,9	169	1,9	2,6	3,5	4,3	
142		2,5	3,5	4,6	5,8	170	1,8	2,6	3,4	4,3	
143		2,5	3,4	4,6	5,7						
144		2,5	3,4	4,5	5,7						
145		2,4	3,4	4,5	5,6						
146		2,4	3,3	4,4	5,6						
147		2,4	3,3	4,4	5,5						

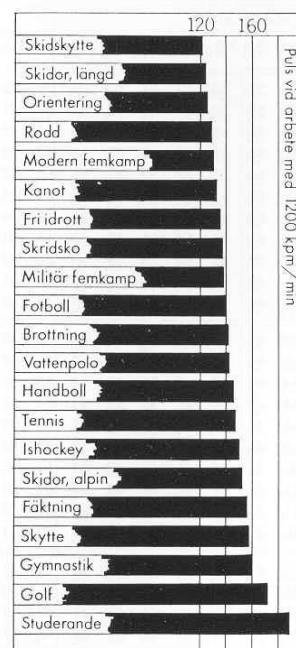
Tabell 4. Beräkning av maximal syreupptagningsförmåga från arbetspuls och belastning på cykelergometer. (Från nomogram enligt Åstrand. *Acta physiol. Scand.* 49 [suppl. 169]. 1960, pp 45-60). Gäller för kvinnor. Värdet korrigeras för ålder enligt tabell 5.

Arbets- puls	Maximal syreupptagning l/min					Arbets- puls	Maximal syreupptagning l/min				
	300 kpm/ min	450 kpm/ min	600 kpm/ min	750 kpm/ min	900 kpm/ min		300 kpm/ min	450 kpm/ min	600 kpm/ min	750 kpm/ min	900 kpm/ min
120	2,6	3,4	4,1	4,8		148	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6
121	2,5	3,3	4,0	4,8		149		2,1	2,6	3,0	3,5
122	2,5	3,2	3,9	4,7		150		2,0	2,5	3,0	3,5
123	2,4	3,1	3,9	4,6		151		2,0	2,5	3,0	3,4
124	2,4	3,1	3,8	4,5		152		2,0	2,5	2,9	3,4
125	2,3	3,0	3,7	4,4		153		2,0	2,4	2,9	3,3
126	2,3	3,0	3,6	4,3		154		2,0	2,4	2,8	3,3
127	2,2	2,9	3,5	4,2		155		1,9	2,4	2,8	3,2
128	2,2	2,8	3,5	4,2	4,8	156		1,9	2,3	2,8	3,2
129	2,2	2,8	3,4	4,1	4,8	157		1,9	2,3	2,7	3,2
130	2,1	2,7	3,4	4,0	4,7	158		1,8	2,3	2,7	3,1
131	2,1	2,7	3,4	4,0	4,6	159		1,8	2,2	2,7	3,1
132	2,0	2,7	3,3	3,9	4,5	160		1,8	2,2	2,6	3,0
133	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4	161		1,8	2,2	2,6	3,0
134	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4	162		1,8	2,2	2,6	3,0
135	2,0	2,6	3,1	3,7	4,3	163		1,7	2,2	2,6	2,9
136	1,9	2,5	3,1	3,6	4,2	164		1,7	2,1	2,5	2,9
137	1,9	2,5	3,0	3,6	4,2	165		1,7	2,1	2,5	2,9
138	1,8	2,4	3,0	3,5	4,1	166		1,7	2,1	2,5	2,8
139	1,8	2,4	2,9	3,5	4,0	167		1,6	2,1	2,4	2,8
140	1,8	2,4	2,8	3,4	4,0	168		1,6	2,0	2,4	2,8
141	1,8	2,3	2,8	3,4	3,9	169		1,6	2,0	2,4	2,8
142	1,7	2,3	2,8	3,3	3,9	170		1,6	2,0	2,4	2,7
143	1,7	2,2	2,7	3,3	3,8						
144	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8						
145	1,6	2,2	2,7	3,2	3,7						
146	1,6	2,2	2,6	3,2	3,7						
147	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6						

Tabell 5. Faktorer som används för korrektion av beräknad maximal syreupptagningsförmåga allt efter den testades ålder (vänstra delen). Faktorn multipliceras med det värde som från arbetspuls och arbetsbelastning erhålls från tabell 3 respektive 4.

Ålder	Faktor	Max puls	Faktor
15	1,10	210	1,12
25	1,00	200	1,00
35	0,87	190	0,93
40	0,83	180	0,83
45	0,78	170	0,75
50	0,75	160	0,69
55	0,71	150	0,64
60	0,68		
65	0,65		

Tabell 7 gör ett försök att värdera fysiska arbetsförmågan för uthållighet med ledning av syreupptagningsförmågan. För den ovan diskuterade 50-åringen, med en beräknad syreupptagning på 2,7 liter/min eller 34 ml/kg×min blir värderingen "medelgod". (Värderingen har emellertid en sådan osäkerhet, att om värdet *beräknats* till 2,0 liter/min faller 95 av 100 undersökta inom gränserna 1,4-2,6 l/min. Motsvarande gränser vid 3,0 liters-nivån är 2,1-3,9 l/min och vid 4,0 l/min 2,8-5,2 l/min.) Man kan inte avgöra om en viss syreupptagningsförmåga betingas av anlag eller är en produkt av anlag plus rationell träning. Man får alltså räkna med att helt otränade personer kan komma i gruppen "hög", respektive att vältränade individer kan få sin arbetsförmåga värderad som "låg". Orsaken ligger alltså i metodens osäkerhet, men också i det förhållandet, att den otränade troligen skulle ligga ännu högre om han tränade, respektive att den tränades syreupptagningsförmåga legat lägre om han ej underkastat sig träningen. Det är vid denna värdering som omdöme och erfarenhet krävs. Ett enstaka arbetsprov kan alltså inte avslöja den testades kondition (= träningstillstånd för de syretransporterande organen). Tabellerna 3 och 4 är uppgjorda på grundval av undersökningar av måttligt till relativt vältränade individer (inklusive GIH-studenter). Nyare studier har visat att helt otränade personer ofta underskattas, och den förbättring av syreupptagningsförmågan som under en träningsperiod konstateras med hjälp av tabellerna är ofta större än den verkliga ökningen (vilket dock har psykologiska och pedagogiska fördelar!) Å andra sidan har den extremt vältränade ofta en lägre syreupptagningsförmåga än den beräknade. Det hittills högst uppmätta värdet per kg kroppsvikt är 85 ml, medan man inte sällan kommit till 90 eller 100 ml-nivån vid beräkning från det submaximala arbetsprovet.



Figur 10. Medelvärde för pulsfrekvensen vid arbete på cykelergometer med 1200 kpm/min för idrottsmän av landslagsklass i sina respektive grenar, samt en grupp studerande i Stockholm. För denna grupp och golfspelarna har endast 900 kpm/min utförts, men pulsen vid 1200 kpm kan beräknas från värdena vid lättare arbete.

Tabell 6. Tabell för beräkning av maximal syreupptagning ml/kg*min.

Kroppsvikt		Maximal syreupptagning l/min																																		
Pounds	kg	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9										
110	50	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78										
112	51	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	76										
115	52	29	31	33	35	37	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	63	65	67	69	71	73	75										
117	53	28	30	32	34	36	38	40	42	43	45	47	49	51	53	55	57	58	60	62	64	66	68	70	72	74										
119	54	28	30	31	33	35	37	39	41	43	44	46	48	50	52	54	56	57	59	61	63	65	67	69	70	72										
121	55	27	29	31	33	35	36	38	40	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	65	67	69	71										
123	56	27	29	30	32	34	36	38	39	41	43	45	46	48	50	52	54	55	57	59	61	63	64	66	68	70										
126	57	26	28	30	32	33	35	37	39	40	42	44	46	47	49	51	53	54	56	58	60	61	63	65	67	68										
128	58	26	28	29	31	33	34	36	38	40	41	43	45	47	48	50	52	53	55	57	59	60	62	64	66	67										
130	59	25	27	29	31	32	34	36	37	39	41	42	44	46	47	49	51	53	54	56	58	59	61	63	64	66										
132	60	25	27	28	30	32	33	35	37	38	40	42	43	45	47	48	50	52	53	55	57	58	60	62	63	65										
134	61	25	26	28	30	31	33	34	36	38	39	41	43	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	61	62	64										
137	62	24	26	27	29	31	32	34	35	37	39	40	42	44	45	47	48	50	52	53	55	56	58	60	61	63										
139	63	24	25	27	29	30	32	33	35	37	38	40	41	43	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62										
141	64	23	25	27	28	30	31	33	34	36	38	39	41	42	44	45	47	48	50	52	53	55	56	58	59	61										
143	65	23	25	26	28	29	31	32	34	35	37	38	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58	60										
146	66	23	24	26	27	29	30	32	33	35	36	38	39	41	42	44	45	47	48	50	52	53	55	56	58	59										
148	67	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58										
150	68	22	24	25	26	28	29	31	32	34	35	37	38	40	41	43	44	46	47	49	50	51	53	54	56	57										
152	69	22	23	25	26	28	29	30	32	33	35	36	38	39	41	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57										
154	70	21	23	24	26	27	29	30	31	33	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	49	50	51	53	54	56										
157	71	21	23	24	25	27	28	30	31	32	34	35	37	38	39	41	42	44	45	46	48	49	51	52	54	55										
159	72	21	22	24	25	26	28	29	31	32	33	35	36	38	39	40	42	43	44	46	47	49	50	51	53	54										
161	73	21	22	23	25	26	27	29	30	32	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	47	48	49	51	52	53										
163	74	20	22	23	24	26	27	28	30	31	32	34	35	36	38	39	41	42	43	45	46	47	49	50	51	53										
165	75	20	21	23	24	25	27	28	29	31	32	33	35	36	37	39	40	41	43	44	45	47	48	49	51	52										
168	76	20	21	22	24	25	26	28	29	30	32	33	34	36	37	38	39	41	42	43	45	46	47	49	50	51										
170	77	19	21	22	23	25	26	27	29	30	31	32	34	35	36	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	51										
172	78	19	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	33	35	36	37	38	40	41	42	44	45	46	47	49	50										
174	79	19	20	22	23	24	25	27	28	29	30	32	33	34	35	37	38	39	41	42	43	44	46	47	48	49										
176	80	19	20	21	23	24	25	26	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39	40	41	43	44	45	46	48	49										
179	81	19	20	21	22	23	25	26	27	28	30	31	32	33	35	36	37	38	40	41	42	43	44	46	47	48										
181	82	18	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	32	33	34	35	37	38	39	40	41	43	44	45	46	48										
183	83	18	19	20	22	23	24	25	27	28	29	30	31	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47										
185	84	18	19	20	21	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	42	43	44	45	46										
187	85	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35	36	38	39	40	41	42	44	45	46										
190	86	17	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45										
192	87	17	18	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33	34	36	37	38	39	40	41	43	44	45										
194	88	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34	35	36	38	39	40	41	42	43	44										
196	89	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44										
198	90	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	36	37	38	39	40	41	42	43										
201	91	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43										
203	92	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42										
205	93	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	37	38	39	40	41	42										
207	94	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41										
209	95	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41										
212	96	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39	40	41										
214	97	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40										
216	98	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40										
218	99	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39										
220	100	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39										

Tabell 6. Tabell för beräkning av maximal syreupptagning ml/kg*min.

Kroppsvikt		Maximal syreupptagning l/min																				
Pounds	kg	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0
110	50	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120
112	51	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
115	52	77	79	81	83	85	87	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	113	115
117	53	75	77	79	81	83	85	87	89	91	92	94	96	98	100	102	104	106	108	109	111	113
119	54	74	76	78	80	81	83	85	87	89	91	93	94	96	98	100	102	104	106	107	109	111
121	55	73	75	76	78	80	82	84	85	87	89	91	93	95	96	98	100	102	104	105	107	109
123	56	71	73	75	77	79	80	82	84	86	88	89	91	93	95	96	98	100	102	104	105	107
126	57	70	72	74	75	77	79	81	82	84	86	88	89	91	93	95	96	98	100	102	104	105
128	58	69	71	72	74	76	78	79	81	83	84	86	88	90	91	93	95	97	98	100	102	103
130	59	68	69	71	73	75	76	78	80	81	83	85	86	88	90	92	93	95	97	98	100	102
132	60	67	68	70	72	73	75	77	78	80	82	83	85	87	88	90	92	93	95	97	98	100
134	61	66	67	69	70	72	74	75	77	79	80	82	84	85	87	89	90	92	93	95	97	98
137	62	65	66	68	69	71	73	74	76	77	79	81	82	84	85	87	89	90	92	94	95	97
139	63	63	65	67	68	70	71	73	75	76	78	79	81	83	84	86	87	89	90	92	94	95
141	64	63	64	66	67	69	70	72	73	75	77	78	80	81	83	84	86	87	89	91	92	94
143	65	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	77	78	80	82	83	85	86	88	89	91	92
146	66	61	62	64	65	67	68	70	71	73	74	76	77	79	80	82	83	85	86	88	89	91
148	67	60	61	63	64	66	67	69	70	72	73	75	76	78	79	81	82	84	85	87	88	90
150	68	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	76	78	79	81	82	84	85	87	88
152	69	58	59	61	62	64	65	67	68	70	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87
154	70	57	59	60	61	63	64	66	67	69	70	71	73	74	76	77	79	80	81	83	84	86
157	71	56	58	59	61	62	63	65	66	68	69	70	72	73	75	76	77	79	80	82	83	85
159	72	56	57	58	60	61	63	64	65	67	68	69	71	72	74	75	76	78	79	81	82	83
161	73	55	56	58	59	60	62	63	64	66	67	68	70	71	73	74	75	77	78	79	81	82
163	74	54	55	57	58	59	61	62	64	65	66	68	69	70	72	73	74	76	77	78	80	81
165	75	53	55	56	57	59	60	61	63	64	65	67	68	69	71	72	73	75	76	77	79	80
168	76	53	54	55	57	58	59	61	62	63	64	66	67	68	70	71	72	74	75	76	78	79
170	77	52	53	55	56	57	58	60	61	62	64	65	66	68	69	70	71	73	74	75	77	78
172	78	51	53	54	55	56	58	59	60	62	63	64	65	67	68	69	71	72	73	74	76	77
174	79	51	52	53	54	56	57	58	59	61	62	63	65	66	67	68	70	71	72	73	75	76
176	80	50	51	53	54	55	56	58	59	60	61	63	64	65	66	68	69	70	71	72	74	75
179	81	49	51	52	53	54	56	57	58	59	60	62	63	64	65	67	68	69	70	72	73	74
181	82	49	50	51	52	54	55	56	57	59	60	61	62	63	65	66	67	68	70	71	72	73
183	83	48	49	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	63	64	65	66	67	69	70	71	72
185	84	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	60	61	62	63	64	65	67	68	69	70	71
187	85	47	48	49	51	52	53	54	55	56	58	59	60	61	62	64	65	66	67	68	69	71
190	86	47	48	49	50	51	52	53	55	56	57	58	59	60	62	63	64	65	66	67	69	70
192	87	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	59	60	61	62	63	64	66	67	68	69
194	88	45	47	48	49	50	51	52	53	55	56	57	58	59	60	61	62	64	65	66	67	68
196	89	45	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	60	61	62	63	64	65	66	67
198	90	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	56	57	58	59	60	61	62	63	64	66	67
201	91	44	45	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	62	63	64	65	66
203	92	43	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	63	64	65
205	93	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	65
207	94	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	59	60	61	62	63	64
209	95	42	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
212	96	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
214	97	41	42	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
216	98	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
218	99	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
220	100	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Tabell 7. Värdering av syreupptagningsförmåga för individer med olika ålder. De övre siffrorna, t ex 1,69, anger syreupptagningen i liter/minut, de undre, t ex 28, avser ml/kg×minut. Som "normalvikt" anses 58 kg för kvinnor och 72 kg för män.

Ålder	Syreupptagningsförmåga, $\dot{V}O_2$ l, ml/kg*min				
	låg	Något låg	medel	hög	mycket hög
♀ 20-29	≤ 1.69	1.70-1.99	2.0-2.49	2.50-2.79	≥ 2.80
	≤ 28	29-34	35-43	44-48	≥ 49
30-39	≤ 1.59	1.60-1.89	1.90-2.39	2.40-2.69	≥ 2.70
	≤ 27	28-33	34-41	42-47	≥ 48
40-49	≤ 1.49	1.50-1.79	1.80-2.29	2.30-2.59	≥ 2.60
	≤ 25	26-31	32-40	41-45	≥ 46
50-65	≤ 1.29	1.30-1.59	1.60-2.09	2.10-2.39	≥ 2.40
	≤ 21	22-28	29-36	37-41	≥ 42
♂ 20-29	≤ 2.79	2.80-3.09	3.10-3.69	3.70-3.99	≥ 4.00
	≤ 38	39-43	44-51	52-56	≥ 57
30-39	≤ 2.49	2.50-2.79	2.80-3.39	3.40-3.69	≥ 3.70
	≤ 34	35-39	40-47	48-51	≥ 52
40-49	≤ 2.19	2.20-2.49	2.50-3.09	3.10-3.39	≥ 3.40
	≤ 30	31-35	36-43	44-47	≥ 48
50-59	≤ 1.89	1.90-2.19	2.20-2.79	2.80-3.09	≥ 3.10
	≤ 25	26-31	32-39	40-43	≥ 44
60-69	≤ 1.59	1.60-1.89	1.90-2.49	2.50-2.79	≥ 2.80
	≤ 21	22-26	27-35	36-39	≥ 40

Värdena i figur 10 återspeglar ganska väl den belastning som respektive idrottsgren ställer på de syretransporterande organen samt i viss utsträckning utövarnas träningsflit. Ju lägre pulsen är vid en standardbelastning desto större är sannolikt hjärtmuskeln förmåga att pumpa blod (slagvolymen stor). Desto högre är då syreupptagningsförmågan, förutsatt att "pulstak", blodets hemoglobinnehåll m m är lika. Det skall betonas att värdena inom en grupp visar ganska stor variation. Efter föregående diskussion bör det vara klart att pulsvärden och syreupptagningsförmåga ej kan utnyttjas för att bedöma chanserna i en gren som kräver uthållighet. I en idrottsprestation spelar givetvis en energileverans med spjälkningsprocesser (med mjölksyrabildning), anlag, teknik och ambition också stor roll. Syreupptagningsförmågan uttryckt per kilo kroppsvikt återspeglar främst kapaciteten att förflytta kroppen i högt tempo någon minut eller längre tid. Det är inte uppseendeväckande att skidåkarna ligger bäst i figur 10. För roddare, kanotister och simmare är många kilon inte samma handikapp vid idrottsgrenens utövande. (En noggrannare analys av det undersökta materialet ges i "Fysiologisk värdering av fysisk arbetsförmåga och kondition", Idrottsmedicinskt Vademecum, CIBA, 1960.)

Protokoll, grafisk framställning av resultat.

Tabell 8 ger exempel på protokoll. Vid upprepade arbetsprov med samma försöksperson får man resultaten mest åskådliga om arbetspulsen inritas på millimeterpapper (se figurerna 6-10, lämplig skala: 10 mm = 10 pulsslag).

Utöver datum och försökspersonens födelsetid, längd och vikt bör kortfattat anges 1) hälsotillstånd, framför allt senaste 3-4 veckorna, (infektioner, sängliggande, feber etc), 2) träningstillstånd med antal träningstillfällen per vecka, 3) rökning, nattsömn gångna natten, senaste måltid, aktivitet timmarna före provet etc. (Beträffande träningstillstånd kan en 5-gradig skala vara lämplig: (1) helt otränad; (2) sporadisk muskelaktivitet = någon gång/månad; (3) regelbunden men lätt motion = 1-2 gånger/vecka; (4) ganska intensiv konditionsträning en eller flera gånger/vecka; (5) hård konditionsträning för tävlingsidrott flera gånger/vecka.) Primärdata skall självfallet anges, bl a tiden för 30 pulsslag etc, så att efterkontroll av värdena är möjlig. Som slutpuls vid varje arbetsinsats anges som nämnt medelvärdet av de två sista pulstagningarna.

Plats ges för värdena för beräknad maximal syreupptagning i liter per minut och i förhållande till kroppsvikten (ml/kg och minut) samt eventuellt korrektionsfaktor.

Anvisningar för protokollets förande. Siffrorna hänvisar till motsvarande nummer i vänstra kolumnen.

1. Om protokollet används vid *ett* försökstillfälle används för datering raden 1 a, om vid flera tillfällen (t ex en belastning per gång) rad 1 b.
2. Om vikten bestämts utan kläder stryks "brutto", om skor, idrottsbyxor etc inkluderas stryks "netto".
3. Belastningens storlek.
4. För anteckning av tiden för 30 pulsslag *och* pulsfrekvensen per minut (enligt tabell 1) efter hand som arbetsminuterna går.
5. Medelvärdet av två sista pulstagningarna.
6. Med hjälp av tabell 3 respektive 4 beräknad maximal syreupptagningsförmåga.
7. Om flera belastningar använts vid samma försökstillfälle ifylls lämpligen i kolumnen för tyngsta arbetet *medelvärdet* för samtliga beräknade värden (belastningar med arbetspuls mellan 120-170). Observera att korrektion skall göras för äldre personer (se "bedömning av arbetsprov" och tabell 5). Om korrektion för ålder eller maximal pulsfrekvens gjorts understryks *korr*" (se rad 6); i annat fall stryks "korr".
8. Träningstillståndet kan värderas med angiven kodbeteckning, eventuellt anges träningsform (skidor, löpning, promenader etc).
9. För övriga anteckningar, t ex förkylning, sängläge viss tid, rökning i anslutning till prover, senaste måltid, orsak till eventuellt avbrytande av arbetet.

Detta är endast ett förslag till protokoll. Efter hand utformar man gärna sådant efter egen smak och erfarenhet!

Tabell 8. Förslag till protokoll vid arbetsprov.

1 a) Försöksperson; datum / 197.....;
 född / 1 ; plats för provet

2) längd cm; vikt kg netto brutto

3) kpm/min kpm/min kpm/min kpm/min
1 b)	datum / 197	datum / 197	datum / 197	datum / 197
4)	1'	1'	1'	1'
	2'	2'	2'	2'
	3'	3'	3'	3'
	4'	4'	4'	4'
	5'	5'	5'	5'
	6'	6'	6'	6'
5)	arbetspuls	arbetspuls	arbetspuls	arbetspuls
6)	korr. max. syre- upptagning	korr. max. syre- upptagning	korr. max. syre- upptagning	korr. max. syre- upptagning
7)	liter/min ml/kg × min	liter/min ml/kg × min	liter/min ml/kg × min	liter/min ml/kg × min
8)	träning			
9)	övrigt			

Träning och motion på cykelergometer.

Självfallet kan arbetet på cykelergometern utformas som en träning. Väderleksförhållanden, lokala tillgången till idrottsanläggningar, tid etc kanske gör att traditionella träningsformer ej kan utövas. Cykelergometern kan under sådana förhållanden erbjuda en utväg. Effektiv konditionsträning (= träning av syretransporterande organen) erhålls genom att relativt tungt arbete utförs i 3-4 minuter, följt av några minuters vila, ny arbetsperiod o s v i 20-30 minuter, detta upprepat några gånger i veckan. Belastningens storlek måste avgöras från fall till fall. Den otränade men friske 20-40-åringen kan första veckan/veckorna välja en arbetstyngd som ger puls 140-160 slag per minut i arbetsperiodens senare del. Efter hand kan belastningen stegas, men för icke-elitidrottsmän är det överdriven ambition att arbeta maximalt, att plåga sig till maximal ansträngning. Äldre personer tar det givetvis försiktigt.

En träning av benmuskulernas styrka kan ske med tungt arbete (tyngre än vid konditionsträningen) i 10-30 sekunder, vila lika lång tid, ny arbetsperiod o s v i 5-10 minuter. Pulsen bör inte överstiga ca 150 slag per min.

Tyngre arbetet bör förberedas med några minuters uppvärmning med mindre belastning. Kompletteras ovannämnda träning med gymnastik 5 minuter har en ur fysiologisk synpunkt mycket allsidig träning erhållits.

Den *vägmätare* som ergometercykeln utrustats med *fyller ingen funktion vid vanlig arbetsprövning*, eftersom takten då bestäms av metronom och "vägsträcka" av tiden. För den som tränar och motionerar på cykeln kan mätaren dock vara en vägledning. En "hastighet" av ca 18 km/tim ger ungefär trampfrekvens 50/min (och 2 kp bromskraft ger då 600 kpm/min).

Sammanfattning av arbetsprovets förlopp:

- a) Kontrollera metronomens takt (100 enkelslag per minut).
- b) Justera sadelns och styrets höjd.
- c) Med fp på cykelergometern och utan att tramporna berörs, inställes pendelviktens index mot "0" på skalan.
- d) Arbetet påbörjas, belastningen ställs in och "långtids"-klockan startas. Kontrollera belastningen minst varje minut.
- e) Vid slutet av varje minut tas tiden för 30 pulsslag.
- f) Vanligen räcker 6 minuter för att ge relativt konstanta pulsvärden. Därefter avbryts provet eller ökas belastningen (se "Val av belastning").