

Richtlijn zoals vastgesteld op de NVD ledenbijeenkomst dd. 11 juni 2016

Duiken, Conditie en Gewicht

Casper M. Baarda, Nico A. Schellart, Peter E. Westerweel
Nederlandse Vereniging voor Duikgeneeskunde

Achtergrond en overwegingen

Duikmedisch belang van een goede conditie

Een toereikende lichamelijke conditie is van essentieel belang voor het veilig beoefenen van de duiksport. Ten eerste moet een duiker in staat zijn zichzelf en zijn buddy te handhaven in de onderwateromgeving en aan de oppervlakte. Afhankelijk van de duikomstandigheden kan dit een groot beroep doen op het inspanningsvermogen, zoals bijvoorbeeld bij het duiken tegen stroming in, met zware uitrusting en/of overbruggen van lange afstanden. Ten tweede is het risico op decompressieziekte groter naarmate de conditie (bijv. te meten met $VO_2\max$) slechter is.¹⁻³ Ten derde kan een gebrekkig conditie het risico op algemene medische complicaties, zoals hart- en vaatziekten en diabetes mellitus, verhogen. Deze complicaties kunnen weer gevolgen hebben voor de duikveiligheid. Daarmee zijn duikers met een slechte conditie een risicocategorie waar specifieke aandacht voor moet zijn.

Duikmedische risico's van overgewicht

Mensen met overgewicht hebben een grotere kans op diabetes mellitus type 2, cardiovasculaire aandoeningen, chronische gewrichtsklachten en een verminderde longfunctie.⁴⁻⁷ Cardiovasculaire incidenten zijn een frequente oorzaak van fatale duikongevallen. Een hogere leeftijd, slechtere conditie en overgewicht zijn bovendien geassocieerd met een grotere kans op decompressieziekte.^{1,2,8-11} Er zijn hierbij aanwijzingen dat een toegenomen vetmassa op zichzelf de kans op decompressieziekte slechts marginaal verhoogt, maar dat het verhoogde risico bij duikers met overgewicht vooral verklaard wordt door een slechtere lichamelijke conditie.^{3,12-15}

Duikmedische risico's van ondergewicht

Ook ondergewicht kan vanwege een slechter vermogen tot thermoregulatie een risicofactor vormen voor onderkoeling en daarmee ook de duikveiligheid (gevaar van bijv uitputting, cardiale complicaties etc.) en decompressieziekte.

Adviezen voor het preventief duikmedisch onderzoek

Onder- en overgewicht vaststellen

De BMI (Body Mass Index: $[\text{gewicht in kg}]/[\text{Lengte in meters}]^2$) is voor een groot deel van de duikers een adequate indicator voor overtollige vetmassa, maar komt niet in alle gevallen goed overeen met het vetpercentage.^{7,16,17} Bij een specifieke lichaamsbouw of relatieve toename van spiermassa bij juist goedgetrainde individuen, kan de BMI tekortschieten.¹⁸ Op indicatie kan daarom gebruik gemaakt worden van de buikomvang, een eenvoudige meting die ook door de NHG en het voedingscentrum geadviseerd wordt.^{7,19,20} Danwel meting van het vetpercentage door middel huidplooidiktemeting (4-skinfold) of van BIO-impedantie, welke beide een betere betrouwbaarheid kennen, maar specifieke vaardigheden en vooral apparatuur vereisen.²¹⁻²⁵

Aanvullingen:

- Voor praktische handleiding voor het meten van de buikomvang, zie:

www.nhg.org/sites/default/files/content/nhg_org/uploads/004protocol_bmi_en_middelomtrek_meten_feb13.pdf

- De normaalwaarden van lichaamsvet in % lichaamsgewicht voor het Kaukasisch ras zijn als volgt te berekenen:¹⁸

$$BF_{\text{man, normaal}} = 21 + 0,14(A - 47);$$

$$BF_{\text{vrouw, normaal}} = 33 + 0,16(A - 47).$$

waarin A leeftijd in jaren weergeeft

Voor het vaststellen van een duikmedisch advies, dienen er echter geen leeftijds-aangepaste grenswaarden aangehouden te worden, maar de absolute grenzen voor overgewicht:

Indien een man $\geq 25\%$ of een vrouw $\geq 32\%$ vet heeft, is dit een reden tot een verplichte inspanningstest.

Indicatiestelling tot objectiveerbare inspanningstest

Het is voor de beoordeling van duikmedische geschiktheid van een duiker altijd van belang om de inspanningstolerantie na te gaan. In lijn met internationale richtlijnen voor de offshore²⁶ en de scheepvaart²⁷ is het niet noodzakelijk bij elke duikmedische beoordeling een inspanningstest uit te voeren. Het is wel een vereiste een goede inspanningsanamnese af te nemen en vast te stellen of sprake is van overgewicht middels berekening van de BMI of één van andere genoemde methoden. Bij twijfel over de inspanningscapaciteit vanuit de inspanningsanamnese, maar ook altijd bij onder- of overgewicht, dient een inspanningstest uitgevoerd te worden.

Uitvoering van inspanningstesten

Er zijn verschillende gebruikte methoden om de lichamelijke conditie van een aspirant duiker objectief vast te stellen. Elke methode heeft zijn voor- en nadelen: de ideale conditie test bestaat niet.

1. De praktijktest

Een realistische praktijktest geeft het beste aan of de iemand geschikt is voor de functie waarvoor hij gekeurd moet worden.²⁸⁻³³ Voor een duiker kan een zwemtest daarom als meest geschikt gezien worden. De zwemtest wordt uitgevoerd door de duiker in enkel badkleding 200 meter te laten zwemmen. De conditie kan als afdoende gezien worden als de duiker deze afstand in maximaal 5 minuten kan afleggen.³⁴

Voordelen:

- inspanningsvorm is representatief voor de duiksport
- door duikers als 'zelftest' praktisch uit te voeren

Nadelen:

- tijdens deze test is het onmogelijk om bv. de bloeddruk, ecg en longfunctie te volgen
- er is geen betrouwbare methode om de uitkomsten om te rekenen naar een geschatte $VO_2\text{max}$
- de normering van de test is niet goed onderbouwd
- praktisch slecht uitvoerbaar in veel keuringspraktijken

Norm:

200meter zwemmen in maximaal 5 minuten

2. De maximaaltest

Bij een maximaaltest wordt de duiker ingespannen tot zijn maximaal inspanningsvermogen. Dit wordt uitgevoerd op een fiets, loopband of roei-ergometer. Tijdens de test kunnen bloeddruk, ecg en longfunctie gevolgd worden. De $VO_2\text{max}$ kan berekend worden uit het vermogen waarmee maximaal belast is, of kan direct gemeten worden met ademgasanalyse (vaak, maar niet altijd terecht als gouden standaard gezien). Behoudens op een ergometer, kan een maximaaltest ook in het "vrije" veld uitgevoerd worden, zoals de hardlooptest naar McArdle.³⁵

Een maximaal test is, zoals de naam al aangeeft, een fysiek zware belasting. De risico's tijdens een maximaal test zijn bij een gezond persoon niet groot, maar groter dan tijdens een sub-maximale test.^{28,30,31,33}

Voordelen:

- $VO_2\text{max}$ (indirect) te berekenen uit het behaalde vermogen of direct te meten
- monitoring ECG, bloeddruk en/of longfunctie mogelijk
- uitvoerbaar in keuringspraktijk

Nadelen:

- prestatie afhankelijk van techniek/voorkeur van de duiker voor de gekozen inspanningsmethode (lopen, fietsen, roeien)
- test qua techniek niet representatief voor duiksport
- medisch risico, zij het beperkt
- apparatuur is duur in aanschaf en in onderhoud (jaarlijks kalibratie)

Norm:

Minimale prestatie: $VO_2\text{max}$ 25 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$; bij voorkeur 40 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

3. De sub-maximale test

Een sub-maximale test is een minder zware lichamelijke belasting dan de maximaaltest, waarbij de inspanningstolerantie tijdens een gemiddelde inspanning vastgesteld wordt. De $VO_2\text{max}$ wordt berekend op basis van extrapolatie van het vermogen waarmee belast is en de hartslag. Tijdens een sub-maximale test op een fietsergometer kunnen de bloeddruk, ecg en longfunctie goed gevolgd worden. Tijdens een sub-maximale steptest zijn bloeddruk, ecg en longfunctie minder gemakkelijk op te nemen, maar de steptesten zijn zeer praktisch vanwege de eenvoud van de benodigde apparatuur (bankje, hartslagmeter en metronoom). Er zijn drie steptesten die veel gebruikt worden: de Åstrand-, de Chester- en de Harvardsteptest. De eerste twee zijn beter omdat ze rekening houden met het afnemen van de maximale hartfrequentie bij het toenemen van de leeftijd. De Åstrand steptest is daarbij het meest uitgebreid gevalideerd voor zowel mannen als vrouwen van verschillende leeftijdscategorieën. De $VO_2\text{max}$ kan berekend worden op basis van het belaste vermogen en de gemeten hartfrequentie via een rekenmodel.³³ Zie ook bijlage.

Voordelen:

- praktisch en veilig uitvoerbaar in keuringspraktijk
- wanneer uitgevoerd met steptest: de apparatuur hiervoor heeft een lage aanschafprijs en vraagt weinig onderhoud

Nadelen:

- $VO_2\text{max}$ moet geëxtrapoleerd worden
- type inspanning (fiets/roei/lopen/step) niet representatief voor duiksport

Norm:

Minimale prestatie: $VO_2\text{max}$ 25 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$; bij voorkeur 40 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

SCORE voor inschatting cardiovasculair risico

Bij duikers met een significant verhoogd cardiovasculair risico ontstaat er een indicatie voor screening op (subklinische) ischemische hartziekten middels een inspanningstest met ECG monitoring of myocardscintigrafie. Als grens wordt een 10-jaars risico van 10% of meer gehanteerd. Dit risicoprofiel is vast te stellen op basis van een aantal klinische kenmerken via de volgende website: <http://www.scoremeter.nl/>

Samengevatte normen voor gewicht, conditie en duiken:

BMI < 18,5: ondergewicht

Overweeg alternatieve meting:

- Vaststelling vetpercentage middels bio-impedantie of huidploidiktemeting

Indien ondergewicht/laag vetpercentage reëel, dan:

- attentie voor onderliggende pathologie
- altijd conditietest

Adviezen m.b.t. de duiksport

- preventieve maatregelen voor onderkoeling (droogpak, thermovest, etc)
- conservatief duikprofiel ivm verhoogde decompressie-risico en gevaar van hypothermie (evt. leidend tot uitputting etc.)

BMI 18,5-25: normaal gewicht

- normaal duikmedisch onderzoek
- anamnese inspanningstolerantie volstaat indien passend bij ongestoord inspanningsvermogen; bij twijfel conditietest.

BMI 25-30: matig overgewicht

Overweeg alternatieve meting *:

- Buikomvang; grenswaarden: mannen ≥ 102 cm / vrouwen ≥ 88 cm
- Vaststelling vetpercentage middels bio-impedantie of huidploidiktemeting
Norm: Vetpercentage; grenswaarden: mannen $\geq 25\%$ / vrouwen $\geq 32\%$

Indien overgewicht reëel, dan:

- altijd conditietest
- berekenen cardiovasculair risico op basis van SCORE

Adviezen m.b.t. de duiksport:

- advies gewichtsreductie tbv verhogen duikveiligheid
- beperkt conservatiever duikprofiel ivm verhoogd decompressie-risico
- indien conditie suboptimaal ($< 40 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ VO}_2\text{max}$ of equivalent) dan advies duikactiviteiten hieraan aan te passen en nog conservatiever duikprofiel aan te houden ivm verlaagde (zelf)redzaamheid en verhoogde decompressie-risico
- Indien conditie ernstig ontoereikend ($< 25 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ VO}_2\text{max}$ of equivalent), dan in uitgangspunt ongeschikt voor de duiksport

BMI 30-40: ernstig overgewicht

- altijd conditie test
- berekenen cardiovasculair risico op basis van SCORE

Adviezen m.b.t. de duiksport:

- advies gewichtsreductie tbv verhogen duikveiligheid
- sterk conservatief duikprofiel ivm sterk verlaagde (zelf)redzaamheid en verhoogd decompressie-risico.
- indien conditie suboptimaal ($< 40 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ VO}_2\text{max}$ of equivalent) dan advies duikactiviteiten hieraan aan te passen en nog conservatiever duikprofiel aan te houden.
- Indien conditie ernstig ontoereikend ($< 25 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ VO}_2\text{max}$ of equivalent), dan in uitgangspunt ongeschikt voor de duiksport

BMI > 40: morbide adipositas

In uitgangspunt absolute contra-indicatie voor de duiksport.

* Indien hoge BMI verklaard kan worden door afwijkende spier-vet verdeling, zoals bijvoorbeeld bij hoge spiermassa in combinatie met normaal vetpercentage, dan kan de richtlijn voor BMI klasse aangehouden worden die met het gemeten vetpercentage overeenkomt.

Normwaarden voor inspanningsvermogen (op basis gemeten of geschatte VO₂max – zie toelichting inspanningstesten)

VO₂max
(ml.min⁻¹.kg⁻¹)

<25	absolute ondergrens; contra-indicatie voor het sportduiken
25 – 40	alleen onder ideale omstandigheden te duiken, waarbij beperkte inspanning te verwachten is - geen (sterke) stroming - beperkt gewicht / omvang uitrusting - gemakkelijke instap / uitstap - hulp beschikbaar vanaf de kant of boot - conservatief duikprofiel - buddy moet fit zijn met bij voorkeur VO ₂ max >40 ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹
>40	geen beperkingen

Literatuur

1. Carturan D, Boussuges A, Burnet H, Fondarai J, Vanuxem P, Gardette B. Circulating venous bubbles in recreational diving: Relationships with age, weight, maximal oxygen uptake and body fat percentage. *Int J Sports Med.* 1999;20(6):410-414.
2. Carturan D, Boussuges A, Vanuxem P, Bar-Hen A, Burnet H, Gardette B. Ascent rate, age, maximal oxygen uptake, adiposity, and circulating venous bubbles after diving. *J Appl Physiol (1985).* 2002;93(4):1349-1356.
3. Schellart NA, Vellinga TP, van Dijk FJ, Sterk W. Doppler bubble grades after diving and relevance of body fat. *Aviat Space Environ Med.* 2012;83(10):951-957.
4. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol (1985).* 2010;108(1):206-211.
5. Watson RA, Pride NB, Thomas EL, et al. Reduction of total lung capacity in obese men: Comparison of total intrathoracic and gas volumes. *J Appl Physiol (1985).* 2010;108(6):1605-1612.
6. Bygrave S, Legg SJ, Myers S, Llewellyn M. Effect of backpack fit on lung function. *Ergonomics.* 2004;47(3):324-329.
7. NHG-standaard obesitas. www.nhg.org/standaarden/volledig/nhg-standaard-obesitas. Updated 2010.
8. Bert P. *Barometric pressure: Researchers in experimental physiology.* Columbus: College Book Company; 1978.
9. Dembert ML, Jekel JF, Mooney LW. Health risk factors for the development of decompression sickness among U.S. navy divers. *Undersea Biomed Res.* 1984;11(4):395-406.
10. Conkin J, Powell MR, Gernhardt ML. Age affects severity of venous gas emboli on decompression from 14.7 to 4.3 psia. *Aviat Space Environ Med.* 2003;74(11):1142-1150.
11. Castagna O, Pontier JM, Vaz C, Blatteau JE. Does the O₂max value predict the formation of the intravascular circulating bubbles during decompression of the healthy divers? *Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc. Annual Scientific Meeting.* 2007.
12. Schellart NAM. Achtergronden van een theoretisch model over het risico op decompressieziekte met leeftijd, geslacht, VO₂max en lichaamsvetpercentage als parameters is een correctie van de nultijd mogelijk? met speciale aandacht voor vet% en VO₂max. *NVD Bulletin.* 2005;14:3-28.
13. Schellart NA, van Rees Vellinga TP, van Hulst RA. Body fat does not affect venous bubble formation after air dives of moderate severity: Theory and experiment. *J Appl Physiol (1985).* 2013;114(5):602-610.
14. Schellart NA, van Rees Vellinga TP, van Dijk FH, Sterk W. In response. *Aviat Space Environ Med.* 2014;85(1):84-85.
15. Baarda CM, Germonpré P. Comment on: Doppler bubble grades after diving and relevance of body fat. *Aviat Space Environ Med.* 2014;85(1):84.
16. Visscher TL, Seidell JC, Molarius A, van der Kuip D, Hofman A, Witteman JC. A comparison of body mass index, waist-hip ratio and waist circumference as predictors of all-cause mortality among the elderly: The rotterdam study. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(11):1730-1735.
17. Kok P, Seidell JC, Meinders AE. De waarde en de beperkingen van de 'body mass index' (BMI) voor het bepalen van het gezondheidsrisico van overgewicht en obesitas. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde.* 2004;148:2379-2382.
18. Deurenberg P, Yap M, van Staveren WA. Body mass index and percent body fat: A meta analysis among different ethnic groups. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1998;22(12):1164-1171.
19. Voedingscentrum. Heb ik een gezond gewicht? www.voedingscentrum.nl/nl/mijn-gewicht/heb-ik-een-gezond-gewicht.aspx.
20. Chang SH, Beason TS, Hunleth JM, Colditz GA. A systematic review of body fat distribution and mortality in older people. *Maturitas.* 2012;72(3):175-191.
21. Bosity-Westphal A, Later W, Hitze B, et al. Accuracy of bioelectrical impedance consumer devices for measurement of body composition in comparison to whole body magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry. *Obes Facts.* 2008;1(6):319-324.

22. Talma H, Chinapaw MJ, Bakker B, HiraSing RA, Terwee CB, Altenburg TM. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in children and adolescents: A systematic review and evidence appraisal of validity, responsiveness, reliability and measurement error. *Obes Rev.* 2013;14(11):895-905.
23. Sun G, French CR, Martin GR, et al. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *Am J Clin Nutr.* 2005;81(1):74-78.
24. Jebb SA, Cole TJ, Doman D, Murgatroyd PR, Prentice AM. Evaluation of the novel tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *Br J Nutr.* 2000;83(2):115-122.
25. Gutin B, Litaker M, Islam S, Manos T, Smith C, Treiber F. Body-composition measurement in 9-11-y-old children by dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements, and bioimpedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1996;63(3):287-292.
26. Industry guideline nr 15 guidance for offshore medical operations. nederland: Nogepea, engeland: Oil & gas UK, noorwegen: OLF 2013. .
27. Guidelines on the medical examinations of seafarers. International labor office. 2013.
28. Åstrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Stromme SB. *Textbook of work physiology.* 2003.
29. Wasserman K, Hansen J, Sue D, Whipp B. *Principles of exercise testing and interpretation.* Philadelphia: Lea & Febiger; 1994.
30. Keizer HA, Zonderland ML, Binkhorst RA, Kemper HCG. *Ergometrie: Praktische cursus voor artsen betrokken bij inspanningsonderzoek.* Hartenark / Nederlandse hartstichting; 1996.
31. Takken T. *Inspanningstests.* Elsevier gezondheidszorg; 2007.
32. Plat MCJ, Frings-Dresen MHW, Sluiter JK. Pilot-implementatie periodiek preventief medisch onderzoek (PPMO) bij repressief brandweerpersoneel amsterdam. . 2009.
33. Baarda CM. Meten van conditie persluchtdragers boven en onder water: Offshore, zeevaart en (sport)duikers. 2013.
34. Brandt Corstius JJ, Dermout DM, Feenstra L. *Duikgeneeskunde - theorie en praktijk.* Elsevier; 2007.
35. McArdle WD, Katch FI, Katch VL, eds. *Essentials of exercise physiology.* Lippincott Williams And Wilkins; 2010.

Bijlage. Submaximale fiets- en step test ontwikkeld door I. Åstrand-Rhyming (1960)

De berekening verloopt in 3 stappen:

1. Invoeren van belasting: vermogen in Watt bij de fiets en gewicht bij de step test
2. Door een lijn te trekken naar de Heart rate wordt de $\dot{V}O_2$ max afgelezen.
3. Correctie voor de met de leeftijd afnemende maximale hartslag d.m.v. de tabel rechtsonder.

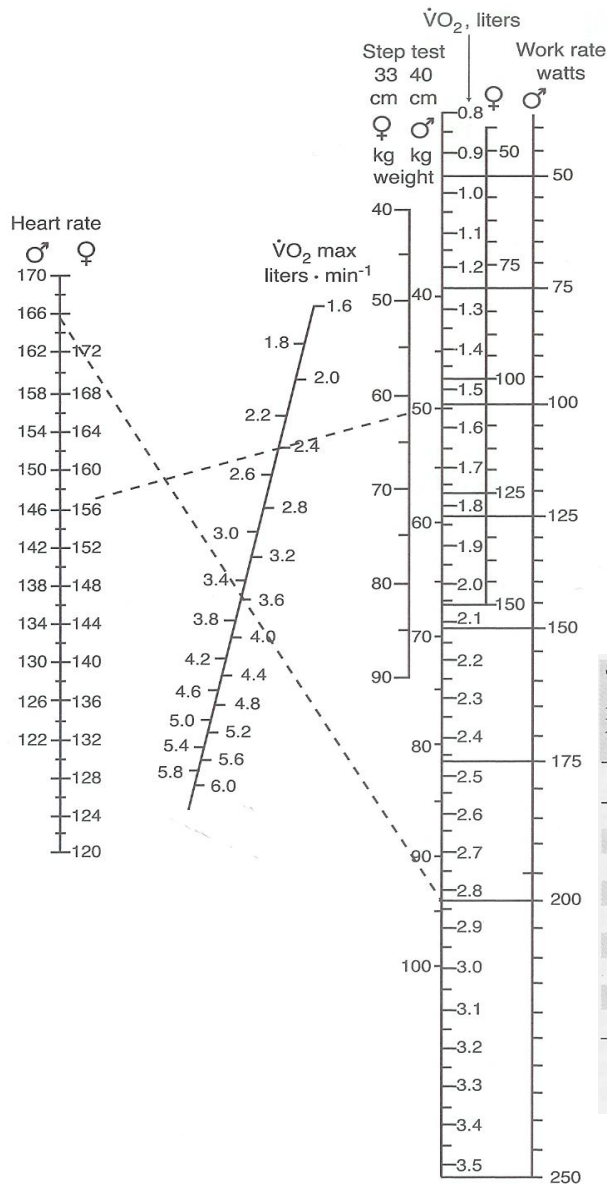


Figure 9.4 The adjusted nomogram for calculation of maximal oxygen uptake from submaximal pulse rate and oxygen uptake values (cycling, running, or walking, and step test). In tests without direct oxygen uptake measurement, it can be estimated by reading horizontally from the "body weight" scale (step test) or "work rate" scale (cycle test) to the "oxygen uptake" scale. The point on the oxygen uptake scale ($\dot{V}O_2$, liters) is then connected with the corresponding point on the pulse rate scale, and the predicted maximal oxygen uptake is read on the middle scale. A female subject (62 kg) reaches a heart rate of 156 at step test, predicted maximum $\dot{V}O_2 = 2.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. A male subject reaches a heart rate of 166 at cycling test on a work rate of 200 W, predicted $\dot{V}O_{2\text{max}} = 3.6 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (exemplified by dotted lines).

From I. Åstrand 1960.

Table 9.6 Factor to Be Used for Correction of Predicted Maximal Oxygen Uptake

Age	Factor	Max heart rate	Factor
15	1.10	210	1.12
25	1.00	200	1.00
35	.87	190	.93
40	.83	180	.83
45	.78	170	.75
50	.75	160	.69
55	.71	150	.64
60	.68		
65	.65		

(1) When the subject is over thirty to thirty-five years of age or (2) when the subjects' maximal heart rate is known, the actual factor should be multiplied by the value that is obtained from the nomogram, Fig. 9.4.

Een alternatief voor stap 2 is een berekening met behulp van formules:

$$\text{Voor mannen: } \dot{V}O_2\text{max} = (174,2 \times \text{Watt} + 4020) / (103,2 \times \text{HeartRate} - 6299)$$

$$\text{Voor vrouwen: } \dot{V}O_2\text{max} = (163,8 \times \text{Watt} + 3780) / (104,4 \times \text{HeartRate} - 7514)$$

De gehele berekening (1, 2 en 3) kan sneller en nauwkeuriger d.m.w. een vrij te downloaden programma via: <http://www.baardakeuringen.nl/rekenprogramma.php>