

Inhoud	
Spiro-ergometrie Getraindheid Aeroob vermogen Pulmonaal Wasserman Cardiaal Hematologisch Myogeen Obesitas	
Spiro-ergometrie	
Test maximaal ?	Test maximaal ? <ul style="list-style-type: none"> • $HF_{max} = 220 - \text{leeftijd}$ • maximale AH frequentie > 45 • lactaat > 10 mmol • RER > 1,13 (soms 1,15 gebruikt) • VO₂max gehaald (zie Fysiologie VO₂) Gouden standaard de gouden standaard voor een maximaal uitgevoerde test is een VO ₂ plateau
beoordeling	Belasting <ul style="list-style-type: none"> • technisch goed uitgevoerd ? • aantal watt • klacht bij stoppen: benen, AH, POB • lage anaerobe drempel: ongetraindheid • ademreserve (laag is goede belasting of pulmonaal probleem) Cardiaal <ul style="list-style-type: none"> • ECG (rust en inspanning) • loopt de O₂pols op en daalt deze snel in rust • loopt HR op (bij geen β-blokker) • BD nl (syst omhoog, diastolisch omlaag), snel herstel • equivalenten stabiel Getraindheid/belastbaarheid <ul style="list-style-type: none"> • absoluut VO₂ / Watt • VO₂ piek past bij ongetraindheid • VO₂AT/VO₂max • lage anaerobe drempel past bij ongetraindheid • efficiëntie (normaal 10 x Watt + 350) • maximaal gegaan • Borg score Pulmonaal <ul style="list-style-type: none"> • equivalenten hoog in rust en bij inspanning ? • hoge fysiologisch dode ruimte ? • lage ademreserve ? • hoge BF = opp AH/hyperventilatie = te corrigeren met fysiotherapie • ABG, saturatie, pO₂(A-a)
Haldane methode	Definitie Methode om CO ₂ en O ₂ te meten
Test doel/nut	Sport <ul style="list-style-type: none"> • objectief conditie getal → VO₂max • selectie van sporters → VO₂max + aerobe drempel + watt, vooral prestatie op anaerobe drempel • screening gezondheid → alles (incl ECG en bloeddruk) • economie beweging → hoge VO₂max bij lage watts • potentieel van de sporter → hoge VO₂max bij iemand die niet aan sport doet • progressie in training → VO₂max + aerobe drempel + watt • is ventilatie beperkend → V_e, AH-freq Werk <ul style="list-style-type: none"> • selectie van personeel → VO₂max + aërobe drempel + watt • screening gezondheid → alles (incl. ECG en bloeddruk) Ziekte <ul style="list-style-type: none"> • wat kan pt aan in de training → alle testen • wat is de beperkende factor → alle testen
Test protocol	Duur 10-14 min (voor ischemie detectie sneller: 5-6 min)

	bloeddruk met afhangende arm
Test voorwaarde	Altijd dokter op de achtergrond, altijd bloeddruk + ECG meting defibrillator + telefoon beschikbaar min 2 mensen
Test-apparaten	Douglasbag mengkamer, pas na inspanning analyse Oxycon teug per teug meting nauwkeurigheid $\pm 3\%$
Getraindheid	
Weber classificatie	Nut maat inspanningsintolerantie Indeling A: $VO_2\text{max} >20$, $VO_2\text{peak} >14$ B: $VO_2\text{max} >16-20$, $VO_2\text{peak} >11-14$ C: $VO_2\text{max} >10-16$, $VO_2\text{peak} >8-11$ D: $VO_2\text{max} >6-10$, $VO_2\text{peak} >4-8$
$\Delta VO_2/\Delta W$ (efficiëntie)	Definitie <ul style="list-style-type: none"> $\Delta(\text{ml } VO_2/\text{kg}) / \Delta(\text{watt}/\text{kg})$ lineair tussen fietsen zonder weerstand en omslagpunt Waarde STAP 15 watt/min = 11 ml/watt STAP 20-30 watt/min = 10 ml/watt STAP >50 watt = 9 ml/watt RAMP: waarden liggen overal 1 ml/watt lager Afname <ul style="list-style-type: none"> afhankelijk van ergometrieprotocol (zie boven) circulatoire/cardiale problematiek (verminderde bloedflow) Toename <ul style="list-style-type: none"> athleten (gebruiken waarschijnlijk meer musculatuur, bv rug, borst en armen)
Getraindheid factoren	1) absolute VO_2 en wattage 2) efficiëntie 3) VO_2 piek = teken ongetraindheid 4) lage maximale steady state 5) maximaal gegaan ?
Max steady state	Ongetraind <75% van de $VO_2\text{max}$ Licht getraind 75-85% $VO_2\text{max}$ Goed getraind 85%-95% $VO_2\text{max}$ (bij RER=1,05) Vals hoge waarde niet maximaal gegaan
Zuurstofpols	Ongetraind komt minder hoog
Aeroob vermogen	
Functionele test	Nadeel onderschatting VO_2 max bij verminderde economie / efficiëntie
Submaximale test	Doel <ul style="list-style-type: none"> maximale steady state vinden maximale waarde voorspellen Contra-indicatie bij longpt niet uit een submax test een maximale waarde voorspellen (long beperkt en niet cardiovasculair waar je dan van uit gaat bij de berekening)
Uithoudingsvermogen	Wordt bijna nooit gemeten submax test
Pulmonaal	
Ademreserve	Zie Pneumologie sport
Astma	Definitie puur obstructief, per definitie reversibel Equivalenten kunnen verhoogd zijn als er saturatie daling is PO2(A-a) >35 (ventilatie ontoereikend voor de perfusie)

	<p>$P_{ET}CO_2$ kan verhoogd zijn (lichaam kan de CO_2 niet goed kwijt)</p> <p>Saturatie daalt</p> <p>V_d/V_t normaal</p>
BF (breathing frequentie)	<p>Definitie adem frequentie</p> <p>Normaalwaarden rust: 10 max inspanning (volwassen): 45 (<50 = normaal) max inspanning (13 jr): 50-55 max inspanning (11 jr): 55-65 max inspanning (5-8 jr): 65</p> <p>Toename (>50) • hyperventilatie</p>
BR	Zie Pneumologie sport
CO_2 kinetiek (τ_{VCO_2})	<p>Definitie snelheid van toename (en in principe ook voor de afname) van de VCO_2</p> <p>Nut Bij sporters neemt de VCO_2 pas later toe, omdat het weefsel van een getraind iemand meer CO_2 kan opslaan: hierdoor kan de RER tijdens de eerste 4-5 aan de hoge kant zijn</p> <p>Waarde start inspanning: VCO_2 toename na 4-5 minuten steady state (bij aerobe inspanning)</p>
COPD	<p>Definitie obstructief + diffusiestoornis</p> <p>Equivalenten verhoogd (meer ventilatie nodig om O_2 binnen te krijgen en CO_2 buiten te krijgen) de intensiteit opzoeken waar de equivalenten het best zijn: op die intensiteit gaan trainen CO_2 vaak minder aangedaan, diffundeert beter dan O_2</p> <p>PO2 (A-a) >35</p> <p>$P_{ET}CO_2$ verhoogd (lichaam kan de CO_2 niet goed kwijt), in rust ook verhoogd = blue bloater</p> <p>Saturatie daalt</p> <p>V_d/V_t verhoogt (past bij restrictief longlijden)</p>
Dode ruimte	Zie V_d/V_t
FE CO_2	<p>Definitie fractie van expired (uitgeademde) CO_2</p>
FE O_2	<p>Definitie fractie van expired (uitgeademde) O_2</p>
Heart rate reserve	<p>Pulmonale beperking ruime HRR (zie Duursport hartfrequentie)</p>
hyperventilatie	<p>Equivalenten pCO_2 kan dalen in het bloed, pO_2 kan niet veel verder stijgen, dus de V_eCO_2 blijft efficiënt maar V_eO_2 niet, RER stijgt dus tot dichtbij of over 1, bij maximale inspanning is de RER hoger dan verwacht (>1,25) Bij chronische hyperventilatie beide hoog en een normale verhouding</p> <p>Fysiologische ode ruimte hoog (opp ademhaling = veel dode ruimte flow)</p> <p>Cardiaal tachycardie</p> <p>$P_{ET}CO_2$ daalt</p> <p>Ventilatie Hoog met meestal erg hoge ademfrequentie, thoracale ademhaling, kleine volumes</p> <p>ABG zie Pneumologie technische oz</p>
Longembolie = perfusie st	<p>Equivalenten verhoogd, de AH is inefficiënt een deel van het longweefsel werkt niet maar ventileert wel</p> <p>Saturatie vaak normaal (het bloed dat stroomt wordt immers gesatureerd) net als pO_2</p> <p>V_d/V_t verhoogd, kan nog normaal zijn in rust, maar neemt dan toe bij inspanning</p>
Longemfyseem	<p>Definitie</p>

	<p>restrictief + diffusiestoornis</p> <p>Equivalenten verhoogd (meer ventilatie nodig om O₂ binnen te krijgen en CO₂ buiten te krijgen)</p> <p>PO₂(A-a) >35</p> <p>P_{ET}CO₂ verhoogd (lichaam kan de CO₂ niet goed kwijt), in rust ook verhoogd = blue bloater</p> <p>Saturatie daalt</p> <p>V_d/V_t verhoogt</p> <p>Spirometrie alle longvolumes dalen (dus Tiffenau blijft goed)</p>
P _{ET} CO ₂	<p>Definitie end tidal PCO₂ ≈ arterieel PCO₂ (bij inspanning wordt het verschil echter steeds groter)</p> <p>Waarde normaal: 15-29 mmHg</p> <p>Ontstaan 75% vanuit O₂ verbranding 25% vanuit HCO₃⁻ + H⁺ → H₂CO₃ → H₂O + CO₂</p> <p>Verloop</p> <ul style="list-style-type: none"> • loopt langzaam op (CO₂ productie uit verbranding) • tot op een punt dat er acidose ontstaan = anaerobe drempel, de CO₂ productie loopt dan niet veel meer op of zelfs vlak (al groot deel anaerobe verbranding = isocapnische buffering = evenredige respiratoire compensatie) • dan versterkte ademrespons en snelle daling = respiratoire (over) compensatie fase (meer CO₂ uitgeblazen dan er wordt gevormd uit verbranding of via buffering) • na het stoppen van de test loopt de CO₂ weer op (bij hyperventilatie gaat de CO₂ snel omlaag) <p>verlaagd</p> <ul style="list-style-type: none"> • hyperventilatie (>10% daling) • zware inspanning (relatieve hyperventilatie) • hoge dode ruimte <p>verhoogd</p> <ul style="list-style-type: none"> • hoge dode ruimte • CO₂ retentie
pO ₂ (A-a)	<p>Definitie Alveolair en arterieel O₂ verschil, bij goede diffusie/ventilatie/perfusie laag (je meet namelijk niet de het alveolaire gas IN de long en niet het arterieel bloed IN de long)</p> <p>Nut indien goed: geen ademmechanisch of diffusie probleem indien slecht: dan is er een ventilatie, diffusie of perfusie probleem voor specifieke diffusie meting met CO: specifiek voor diffusie (zie Pneumologie technische oz) indien DSLO vermindert en PA-a goed dan is er enkel een restrictieve beperking (KCO zal dan ook goed zijn)</p> <p>Waarde</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 jr: 4-17 mmHg (gemiddeld 8) • 40 jr: 10 to 24 mmHg • 60 jr: 17 to 31 mmHg • 80 jr: 25 to 38 mmHg • omslagpunt 20 jr <28 mmHg (gemiddeld 17) • max inspanning 20 jr <35 mmHg (gemiddeld 19) • COPD >35
RER = R	<p>Definitie =VCO₂/VO₂ = RQ in de praktijk, maar niet zonder de aanname dat RQ allemaal naar energie gaat, dus is niet precies 0,7 (vet) of 1,0 (koolhydraten), uitzonderingen LETOP: VCO₂ >VO₂ normaal dus V_e/VCO₂ < V_e/VO₂, dus het lijkt vreemd</p> <p>RER hoog of >1</p> <ul style="list-style-type: none"> • begin inspanning bij sporters: τVO₂ neemt snel toe terwijl τVCO₂ pas later toeneemt (sporters kunnen veel CO₂ in het weefsel opslaan), na 5 minuten moet er stabilisatie zijn. • hyperventilatie • anaerobe inspanning: ventilatoire compensatie = CO₂ afblazen • veel KH inname: vet = O₂ productie dus minder O₂ ingeademd • herstel: eerst CO₂ afblazen • foute meting <p>RER laag of <1</p> <ul style="list-style-type: none"> • aerobe inspanning • na uitputting: bicarbonaat herstel = CO₂ verbruik = CO₂↓ in de uit AH
RQ	<p>Definitie verhouding CO₂/O₂ in de verbranding, biochemische term (RER = functioneel)</p>

	<p>Waarden 0,7 = vet 0,8-0,9 = eiwit 1,0 = koolhydraten</p>
saturatatie	<p>Verloop Kan dalen bij extreme inspanning (bloed stroomt te snel door long voor goede diffusie) bij cardiaal probleem geen daling van de saturatie</p> <p>Equivalenten bij desaturatie zijn de ademequivalenten in principe altijd verhoogd</p>
V_D	<p>Definitie Absolute dode ruimte, zie relatieve dode ruimte (V_D/V_T)</p>
V_D/V_T	<p>Definitie fysiologische (relatieve) dode ruimte (anatomisch is enkel luchtwegen, fysiologisch is ook longweefsel zonder functie)</p> <p>Formule $V_D/V_T = ((P_aCO_2 - P_ECO_2) / P_aCO_2) - (V_{masker}/V_T)$ $P_aCO_2 = \text{arterieel } CO_2$ $P_ECO_2 = \text{expiratoir } CO_2 = [(VCO_2 \text{ stpd})/1000]/(V_{E_{max}} * \text{stpd}) * \text{barometerdruk} - 47$ non-invasief meten: $P_aCO_2 = 5,5 + (0,9 \times P_{ET}CO_2) - (0,0021 VT)$ $VT = \text{maximaal teugvolume in ml}$ + dode ruimte masker</p> <p>Relatieve waarde rust = 28-45% (gemiddeld <40 jaar = 29%, >40 jaar = 30%) omslagpunt = 16-33% (gemiddeld <40 jaar = 17%, >40 jaar = 20%) maximaal = <30% (gemiddeld <40 jaar = 16%, >40 jaar = 19%)</p> <p>Absolute waarde absoluut 100-150 ml (anatomische dode ruimte) $V_D = 140 + 0,07V_T$</p> <p>Nut toename = restrictief longlijden</p> <p>Probleem is een benadering gemaakt door de computer en dus afh van de CO_2, O_2 en V_e meting</p>
V_e	<p>Definitie = ventilatie (zie ook Pneumologie fysiologie)</p> <p>Normaalwaarden rust 10-20 L/min max inspanning 150-200 /min</p> <p>Verloop constante toename, daling na inspanning (snelheid is maat conditie)</p> <p>Nut als deze zeer hoog is, is er een pulmonaal probleem of de AH is de beperkende factor bij inspanning</p> <p>Lage maximale V_e bij 1) obstructief longlijden 2) lage CO_2/O_2 ventilatoire drempel 3) verkeerde oppervlakkige ademhaling</p>
V_eCO_2 meting (ademequivalenten)	<p>Definitie hoeveelheid lucht te verplaatsen om 1 L CO_2 uit te blazen</p> <p>nut</p> <ul style="list-style-type: none"> • bepaling ventilatoire efficiëntie • V_eCO_2 correleert meer met ventilatoire efficiëntie dan V_eO_2 (ademhaling geregeld door pCO_2) <p>Anemie</p> <ul style="list-style-type: none"> • = hogere flow = kortere contacttijd = diffusie probleem = verhoogde equivalenten <p>COPD</p> <ul style="list-style-type: none"> • equivalenten kruisen elkaar in principe niet: CO_2 equivalenten stijgen omdat de CO_2 niet wordt uitgeblazen, maar opstapelt in het lichaam • diffusie probleem: saturatie daling, pO_2 daling, pCO_2 stijging • ventilatie probleem: opp snelle ademhaling = relatief hoge dode ruimte, obstructie neemt vaak relatief toe: equivalenten nemen toe • perfusie probleem: dode ruimte hoog (CO_2 retentie = hoge equivalenten) <p>verloop</p> <ul style="list-style-type: none"> • eerst stijging: meer ventilatie dan VO_2 opname of VCO_2 afgifte maar de initieel daling • als V_eO_2 begint te stijgen = ventilatoire/respiratoire drempel • V_eCO_2 begint pas later te stijgen = V-slope methode (diffusie is 300x beter dan O_2) CO_2 diffundeert beter dan O_2, dus minder snel aangedaan <p>waarde (laagste waarde tijdens de test) <20 jaar man = 23,5 (vrouw = 22,5)</p>

	<p>20-30 jaar man = 24 (vrouw = 23) 30-40 jaar man = 25 (vrouw = 24) 40-50 jaar man = 26 (vrouw = 25) 50-60 jaar man = 28 (vrouw = 27) >60 jaar man = 29 (vrouw = 28)</p> <p>toename</p> <ul style="list-style-type: none"> • voorbij anaerobe drempel • Hyperventilatie syndroom • verhoogde dode ruimte • hartprobleem (sterke schommeling en hoge waarden, piek tijdens herstelfase) • vals verhoogd bij lekkend masker <p>afname</p> <ul style="list-style-type: none"> • op anaerobe drempel meestal laagste V_eCO_2 • meetfout
V_eO_2 meting	<p>Nut</p> <p>ademefficiëntie, echter V_eCO_2 correleert beter met de ventilatoire efficiëntie, zie daar</p>
Wasserman	
Flowchart	<p>VO₂max laag, AT normaal</p> <ul style="list-style-type: none"> • niet maximaal gegaan • COPD • Coronair lijden <p>VO₂piek laag, AT laag</p> <ul style="list-style-type: none"> • hartfalen • vasculair lijden (perifeer, long) • Anemie • chronische metabole acidose
Cardiaal	
Ischemisch hartlijden	<p>Diagnose</p> <p>O₂pols vlakt af, ECG veranderingen</p>
hartfalen	<p>Equivalenten</p> <p>sterke equivalenten schommeling en soms zelfs verhoogd (O₂ verspilling perifeer)</p> <p>Oorzaak</p> <p>Schommeling in CVD → veranderingen in ventilatoire respons</p> <p>Medicatie</p> <p>ACE-i verhoogt VO₂max, O₂pols en omslagpunt</p> <p>β-blok verbetert VO₂ en O₂pols</p>
$\Delta VO_2/\Delta W$	Zie Getraindheid
VO ₂ /watt	<p>Cardiaal probleem</p> <p>afvlakking kan cardiaal probleem betekenen</p>
VO ₂ max	
bloeddruk	Zie Cardiologie bloeddruk
Adem equivalenten	<p>Definitie</p> <p>zie Ergometrie aeroob</p> <p>Verloop</p> <p>erg wisselend (oscillatie van 15 seconden) en vaak hoge waarden</p>
HFmax	<p>Schatting</p> <p>220 - leeftijd</p> <p>Training</p> <p>daalt met training</p>
HF	Zie Ergometrie algemeen
O ₂ pols	<p>Definitie</p> <p>VO₂/Hf</p> <p>Theorie</p> <p>VO₂ = bloeddebiet x O₂ extractie bloeddebiet = hartfrequentie x slagvolume O₂pols = slagvolume x O₂ extractie</p> <p>Waarde</p> <p>O₂ extractie in rust is 0,05 ml O₂/ml bloed, tijdens maximale inspanning 0,15 dus slagvolume is hiermee uit te rekenen</p> <ul style="list-style-type: none"> • rust 3,5-4,5 ml/slag • max inspanning 70 jaar, 150 cm: 8 ml/slag • max inspanning 30 jaar, 190 cm: 17 ml/slag <p>Verloop</p>

- normaal toename tot omslagpunt dan vlak of daling
 - VO_2 neemt veel meer toe (tot zelfs x10) dan de HF (2x), dus O_2 pols neemt 5x toe bij daling neemt de HF meer toe dan de VO_2 , de VO_2 kan dus wel gewoon stijgen
 - Als de HF meer stijgt dan de VO_2 (voor het omslagpunt), dit is natuurlijk erg vreemd, het kan dat het slagvolume daalt, dat wordt gecompenseerd door het flink stijgende HR bij een stijgende VO_2 en een dalende O_2 pols moet er sprake zijn van een cardiaal probleem
- Extreme inspanning**
afvlakking op het einde, slagvolume blijft goed, echter de zuurstof extractie daalt omdat de opname moeilijker gaat (tgv verschuiving dissociatie curve)
- Cardiale beperking**
geen toename, soms daling, toename NA inspanning (hart minder uitgeput: slagvolume kan wat toenemen hele sterke schommeling)
- Pulmonaal probleem**
cardiaal geen belasting dus O_2 pols blijft vlak, net als VO_2 en O_2 extractie (HR blijft dan ook laag)
- Daling bij**
- cardiale beperking (slagvolume daalt, de VO_2 kan zelfs nog toenemen doordat de O_2 extractie nog iets kan toenemen
 - vals verlaagd bij lekkend masker
 - omslagpunt met VO_2 plateau
- Vlak bij**
- cardiale beperking (laag slagvolume)
 - spierziekte (geen O_2 extractie)
 - anemie (geen O_2 extractie)
 - pulmonaal probleem (O_2 extractie vermindert aangezien er geen goede opname is)
 - ongetraind = zeer laag omslagpunt: dus O_2 pols stopt snel met stijgen
 - rechts-links shunt

Hematologisch	
HR/ VO_2	stijgt
Myogeen	
HR/ VO_2	stijgt
myopathie	Diagnose VO_2 vlakt af (spier kan de O_2 niet gebruiken)
Obesitas	
Onbelast fietsen	Waarde Wasserman: $VO_2 = 151 + 5,8$ (kg), dus VO_2 onbelast fietsen (absoluut) hoger