

# Inspanningsfysiologie

Victor Niemeijer, sportarts



# Algemene veranderingen tijdens inspanning

Binnen enkele seconden:

- Hartfrequentie neemt toe
- Ventilatie neemt toe
- Zuurstofopname neemt toe

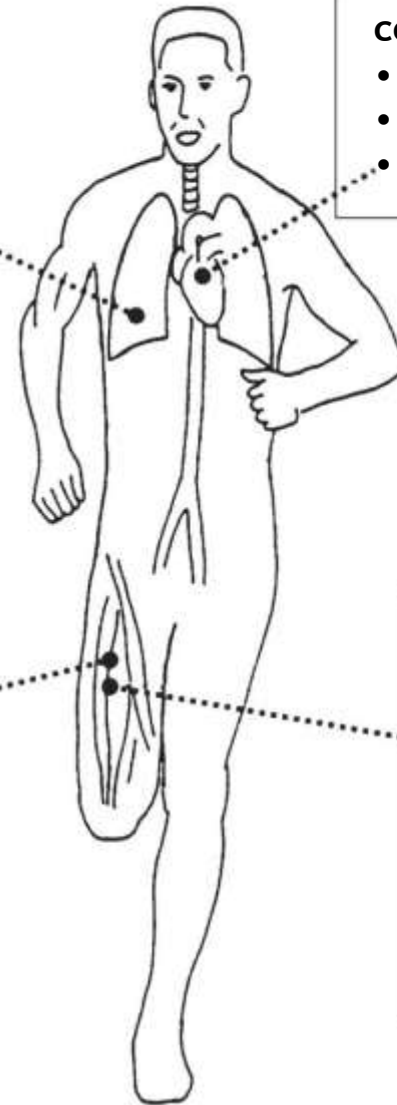
Bloedstroom naar actieve spiergroepen, hart en longen neemt toe

### respiratie

- O<sub>2</sub>-diffusie
- ventilatie
- doederuimteventilatie
- alveolaire ventilatie:  
perfusieratio
- hemoglobine-O<sub>2</sub>-affiniteit

### centrale circulatie

- hartminuutvolume
- arteriële bloeddruk
- hemoglobineconcentratie



### perifere circulatie

- bloedstroom naar niet-actieve regio's
- bloedstroom in spier
- capillaire dichtheid in de spier
- O<sub>2</sub>-diffusie
- O<sub>2</sub>-extractie
- hemoglobine-O<sub>2</sub>-affiniteit

### spiermetabolisme

- enzymen en oxidatief vermogen
- energievoorraden
- myoglobine
- mitochondria - aantal en hoeveelheid
- substraatgebruik

# Wat is interessant?

- conditie van een topsporter?
- oorzaak van verminderde inspanningstolerantie?
- Pathologie of inactiviteit?
- Overtraindheid?
- Chronisch vermoeidheid?

# Verminderde inspanningstolerantie

- Vermoeidheid en kortademigheid kan veroorzaakt worden door bijna alle ziekten
- Klachten en symptomen worden erger tijdens inspanning
- Diagnostische testen tijdens inspanning zijn daardoor potentieel erg efficiënt

# Waarom wordt het weinig uitgevoerd?

- 10-20 variabelen die mogelijk relevant zijn
  - Norm waarden (leeftijd, geslacht, lengte)
- Uitvoer van de test is complex
  - Keuze goede protocol
  - Meetfouten
- Interpretatie vereist kennis van:
  - Inspanningsfysiologie
  - Sportgeneeskunde
  - Longgeneeskunde
  - cardiologie

# Belangrijke indicaties

- Oorzaak achterhalen van de inspanningsbeperking
  - Complexe gecombineerde pathologie
  - Onverklaarde vermoeidheid of slechte conditie
- Kwantificeren stadium van een ziekte
  - Hartfalen, COPD
- Sturen van training/revalidatieprogramma
  - Oncologische revalidatie

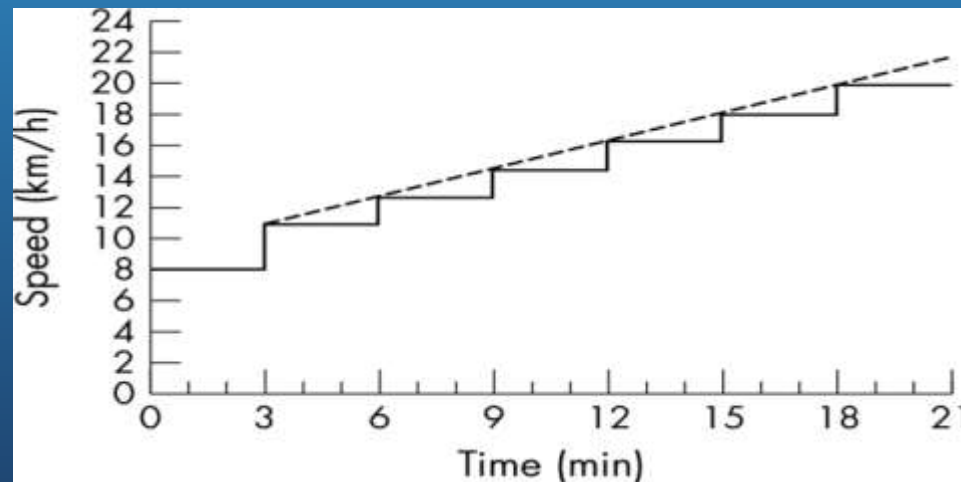
# Spiro-ergometrie





# Protocol

- Ramp of trapsgewijs?
- Tussen 8 en 12 minuten
- Ritmestoornissen

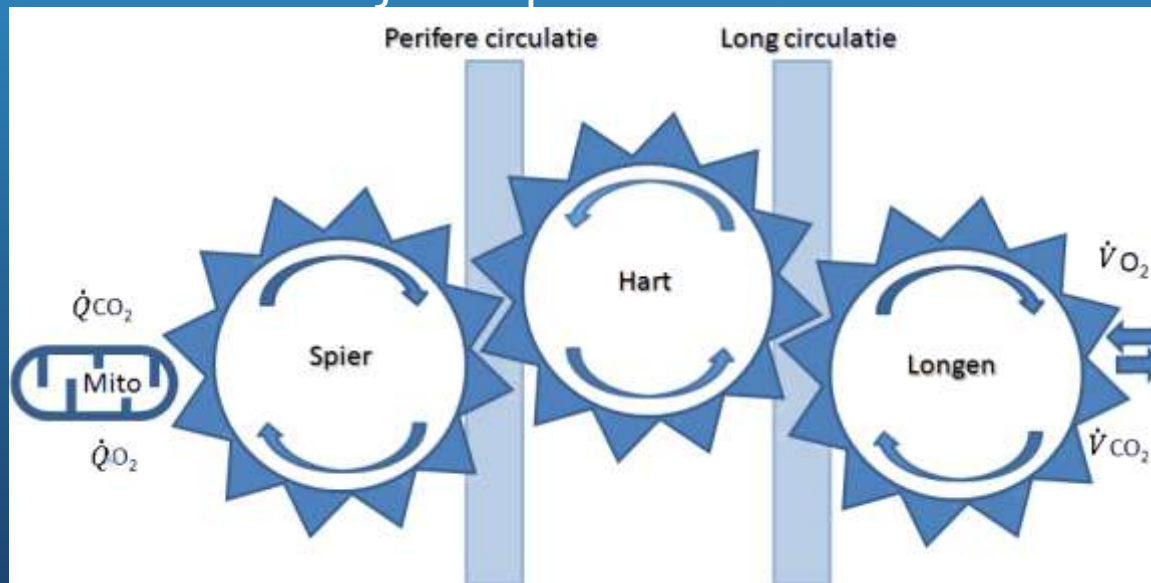


# Meetwaarden bij spiro-ergometrie

Systemen zijn aan elkaar verbonden!

Zwakste schakel (langzame start en compensatoire fase na stoppen van inspanning)

Bij hartfalen en COPD zijn de spieren vaak de zwakste schakel!



Wasserman et al, 1999

# Longen

## Ventilatie

- Hoeveelheid lucht die je in en uitademt

$\dot{V}O_2$

$\dot{V}CO_2$

Afgeleide parameters

# Ademreserve

$$\frac{MVV - V_{e-max}}{MVV}$$

MVV

(norm: 20-40)

Maximale ademhalingsvolume (FEV1 x 40) vergeleken met daadwerkelijke volume.

## Verlaagd

- bij primaire longafwijking (ventilatoir beperkt)
- Verlaagd bij goed getrainde

## Verhoogd bij andere beperking

- Cardiovasculair
- Spierbeperking

# Respiratoir Quotiënt

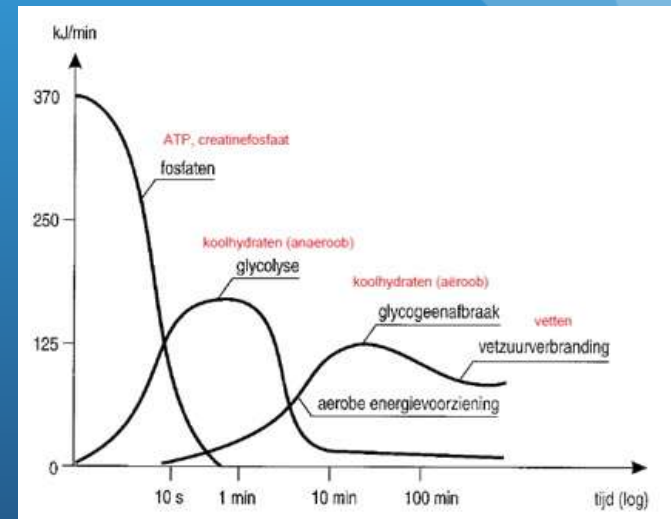
$\frac{\text{CO}_2 \text{ (eliminatie)}}{\text{O}_2 \text{ (consumptie)}}$

## Brandstof aerob

- Vet 0,7
- Eiwit 0,85
- Glucose 1,0

## Brandstof anaerob

- Glucose >1 lactaat



# Ademhalingequivalenten

Hoeveelheid lucht te verplaatsen om 1 L O<sub>2</sub> op te nemen of 1 L CO<sub>2</sub> uit te blazen

Verhoogde equivalenten:

- Ernstig hartfalen
- COPD
- Pulmonale hypertensie
- Longembolie
- hyperventilatie
- Anemie

Aspecifiek maar wel een indicatie dat er iets mis is

# Ventilatie-perfusie probleem

- $V_d/V_t$  = fysiologische dode ruimte ratio  
= ratio fysiologisch dode ruimte versus teugvolume
- Normaal:  $V_d$  in rust  $1/3$  van  $V_t$  en bij inspanning  $1/5$  van  $V_t$ , dus  $V_d/V_t$  gaat omlaag
- COPD: door  $V/Q$ -mismatch geen fysiologische aanpassing door airtrapping waardoor toename  $V_d$ .
  - NB ook bij hyperventilatie

# Zuurstofpols

$$VO_2 / Hf$$

Maat voor slagvolume

Verlaagd bij

- hartfalen door laag slagvolume
- Verminderd arterieel aanbod (anemie)

Afbuiging met plateauvorming bij ischeamie

Verlaagde maximale waarde bij cardiale beperking

Bij hartfalen: na maximale inspanning korte piek en traag herstel (koike et al)



# Hart

- Maximale hartfrequentie
- Heart rate reserve
- Herstelpols
- ECG
- Bloeddruk

# Heart rate reserve

$$Hf_{\text{max. voorspeld}} - Hf_{\text{max}}$$

$$Hf_{\text{voorspeld}}: 220 - \text{leeftijd}$$

Verhoogd bij:

- Ventilatoire beperking
- Cardiale beperking
- Musculaire beperking
- Niet maximaal

Betrouwbaarheid  $\pm 20$  slagen/min

# Herstelpols

$$Hf_{\max} - HF_{\text{na 1 min herstel}}$$

Minder herstel wijst op onvoldoende vagale reactie en is gerelateerd aan hoger mortaliteitsrisico

# Symptomen en observatie

- Hart pijn op de borst
- Longen kortademigheid
- Ongetraind pijn beide benen
- Perifeer vaatlijden pijn in 1 been
  
- Hyperventilatie en gespannenheid

# Hoe interpreteer je test?

- Is de test betrouwbaar?
- Is de test maximaal?
- Is er pathologie?
- Wat is de conditie?
- Wat is de beperkende factor?
- Conclusie

# Is de test maximaal?

Maximale hartfrequentie behaald?

- $220 - \text{lft}$
- $208 - 0,7 * \text{leeftijd}$
- Variatie + 0f - 20 slagen!!
- Beta-blokkers

Maximale ademhalingsfrequentie > 45/min

Respiratoir quotiënt > 1,15

Ademreserve 20-40%

# Wat is de getraindheid?

$$VO_2 = SV \times HF (A-V)O_2$$

(wet van Fick, 1870)

$VO_{2MAX}$

- maximale zuurstofopname
- Gouden standaard voor inspanningstolerantie en cardiorespiratoire fitheid

Erfelijk bepaald voor 50%

Vrouw 15-30% lager

1% afname/jaar vanaf 25 jaar

# Beperkende factoren $\dot{V}O_2$ -max

- neurogeen
  - spiervezel recruitment/efficiëntie
- bloed
  - Hb
  - vocht (dehydratatie)
- vasculair
  - capillaire densiteit
- spier
  - aantal en grootte van mitochondriën/enzymen
  - vezeltype



# Niet beperkende factoren $\dot{V}O_2$ -max

- cardiaal  
cardiac output ( $SV \times Hf$ ), kan 6x stijgen
- $O_2$  extractie  
stijgt bij iedereen van 25% naar 75%-100%  $\neq$   
beperkend
- ventilatie  
kan 15x stijgen
- bij sommige goede atleten waarbij de AH moeilijk is,  
kan AH toch beperkend zijn (schaatsers, hardlopers)

# Wat is belangrijker?

Maximale inspanning

Of

inspanning die je lang kan volhouden?

# Anaerobe drempel

Voor inspanning moet en de spieren worden voorzien van zuurstof

Indien de inspanning steeds zwaarder wordt , treedt verzuring van de spieren op door vorming van melkzuur

Het punt waarbij de melkzuurvorming groter wordt dan afvoer

Die intensiteit (hf, wattage, VO<sub>2</sub>) waarbij net geen melkzuurstijging is en je dus gedurende lange tijd kan volhouden.

% van maximale inspanning

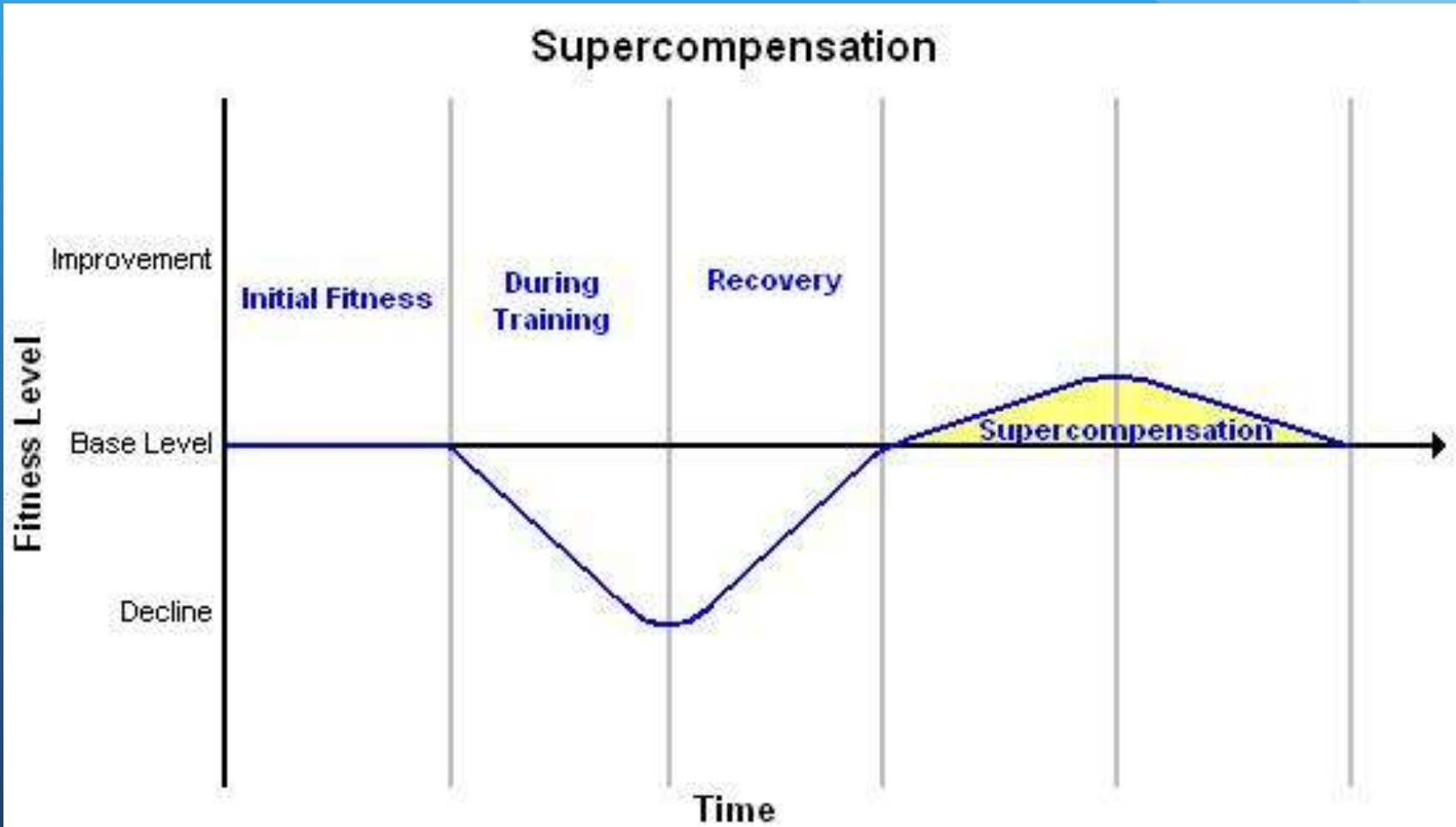
Ongetraind: 55-75%

Getraind: 75-95%

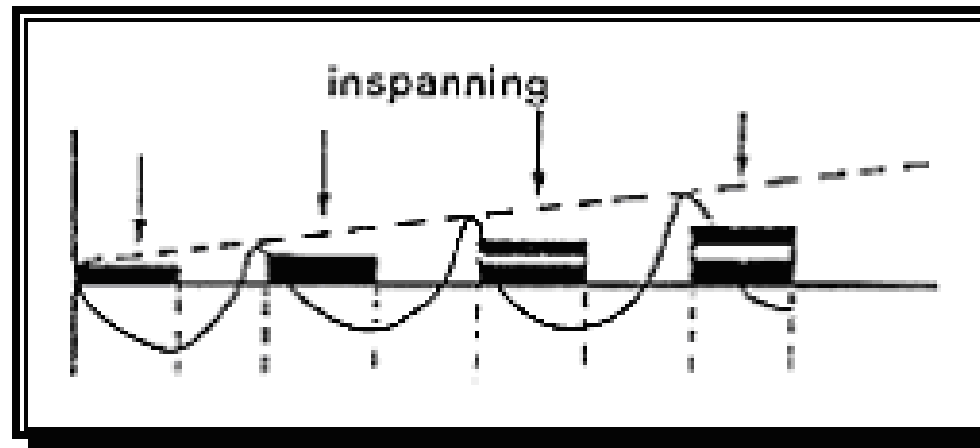
# Anaerobe drempel

- Veel verschillende methoden om te bepalen (V-slope, ademequivalenten, RQ)
- Bij mensen met vermoeidheid/overtraining is het omslagpunt relatief laag
- Dit betekent een groot deel van de dag in het anaerobe systeem, dus veel melkzuur, spierpijn en vermoeidheid
- Door vaker en intensiever trainen worden de klachten erger?!

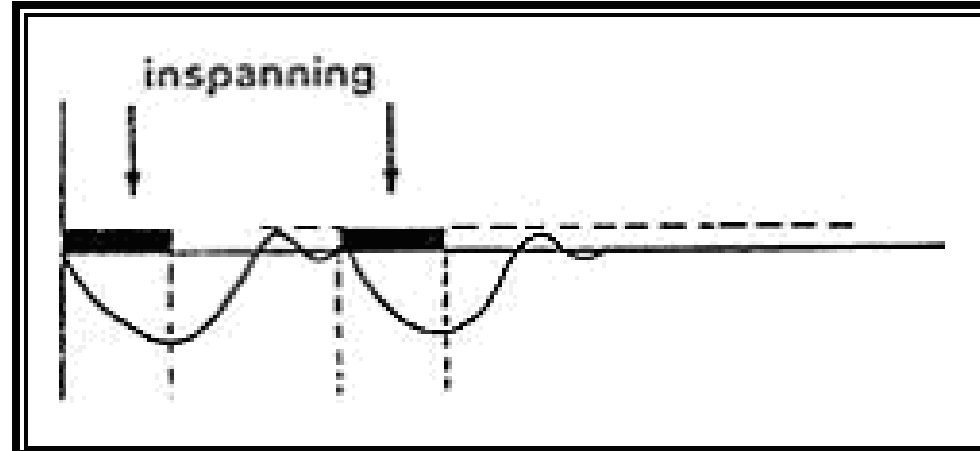
# Algemene trainingsleer



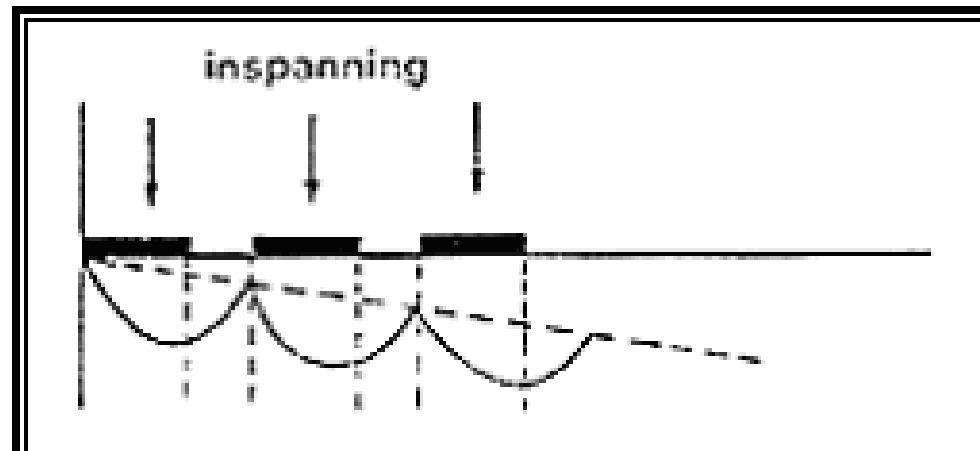
Beter



Hetzelfde



Slechter



# Conclusie inspanningstest

- Pathologie: ja/nee
- Conditie/anaerobe drempel
- Zwakste schakel:
  - Spieren zijn vaak zwakste schakel
- Advies op maat:
  - Intervaltraining met HF onder anaerobe drempel
  - Perifere krachttraining
  - Trainingsfrequentie
  - Trainingsomvang, etc.

# Belangrijk!

- Veel chronisch zieken hebben  $\dot{V}O_2$  bij omslagpunt van rond de 20 ml/kg/min.
- Dit betekent 5,5 METs
- 14km/uur fietsen en traplopen is 6 METS
- Kleine verbetering betekent dat veel dingen net weer wel kunnen!



# Take home message

- Spiro-ergometrie is een multi-disciplinaire specialisatie
- De vermoeide ‘patiënt’ en de overtrainde (top)sporter vertonen veel overeenkomsten
- Conclusie is niet: “geen pathologie, slechte conditie”  
Maar: ‘dit is de beperkende factor en dit kun je er aan doen’
- Het advies: ga maar meer bewegen, heeft bij vermoeide mensen soms een averechts effect!
- Bij chronisch zieken is een kleine vooruitgang in conditie een grote stap in dagelijks leven.

Vragen?