

Van fysiologie naar praktijk

zelfregulatie via hartritmevariabiliteit en ademhaling

Seminarie 24 februari 2026

Prof. dr. T. Van Damme



Waarom zelfregulatie?

- **Gemeenschappelijke factor** bij verschillende psychische problemen
 - = ontregeld stress systeem
 - = ontregelde arousal (hyperarousal, hypoarousal, instabiele arousal)
 - = moeite met prikkelverwerking
- **Moeilijkheden met regulatie liggen aan de basis van veel psychische problemen**
 - impulscontrole (ADHD, gedragsproblemen, middelengebruik,...)
 - emotieregulatie (angst, depressie,...)
 - stressregulatie (trauma, burnout, ...)
 - aandachtsregulatie (concentratieproblemen, afleidbaarheid)
- Een minder goede zelfregulatie is **geen gevolg maar eerder een onderliggend mechanisme** van psychopathologie

Waarom zelfregulatie?

- **Zelfregulatie is geassocieerd aan veerkracht en herstel**
 - Goede regulatie = sneller herstel
 - Zwakke regulatie = langer ontregeld
- **Zelfregulatie voorspelt hoe kinderen/jongeren omgaan met problemen, niet alleen of ze problemen ervaren**
 - Zelfregulatie beïnvloedt coping, flexibiliteit in denken en probleemoplossend vermogen
- **‘Eerst reguleren, dan reflecteren’**
 - Therapie veronderstelt dat iemand kan reflecteren, mentaliseren en informatie integreren
 - Indien je fysiologisch buiten je regulatiezone zit, dan is dat niet mogelijk

Waarom zelfregulatie?

- Toenemende **erkenning** van
 - de rol van **fysiologische regulatie** in herstelprocessen
 - de rol van **autonomie** in het herstelproces: zelfregulatie
- Zelfregulatie is niet statisch, maar een **trainbare vaardigheid**
 - Klinisch waardevol
 - Interventie met potentieel hoge impact
- Zelfregulatie = **transdiagnostisch** behandeldoel

Window of Tolerance

When people are within their window of tolerance, they are in a psychological space that allows them to perform daily activities without their emotions and thoughts overwhelming or interfering with their functioning.



HYPERAROUSAL

FIGHT / FLIGHT RESPONSE

- Attacking or confronting
- Becoming angry or irritable
- Hurling insults
- Engaging in blame
- Difficulty in trusting other people
- Running away or hiding
- Quitting
- Being in denial
- Experiencing anxiety
- Sabotaging oneself



HYPORAROUSAL

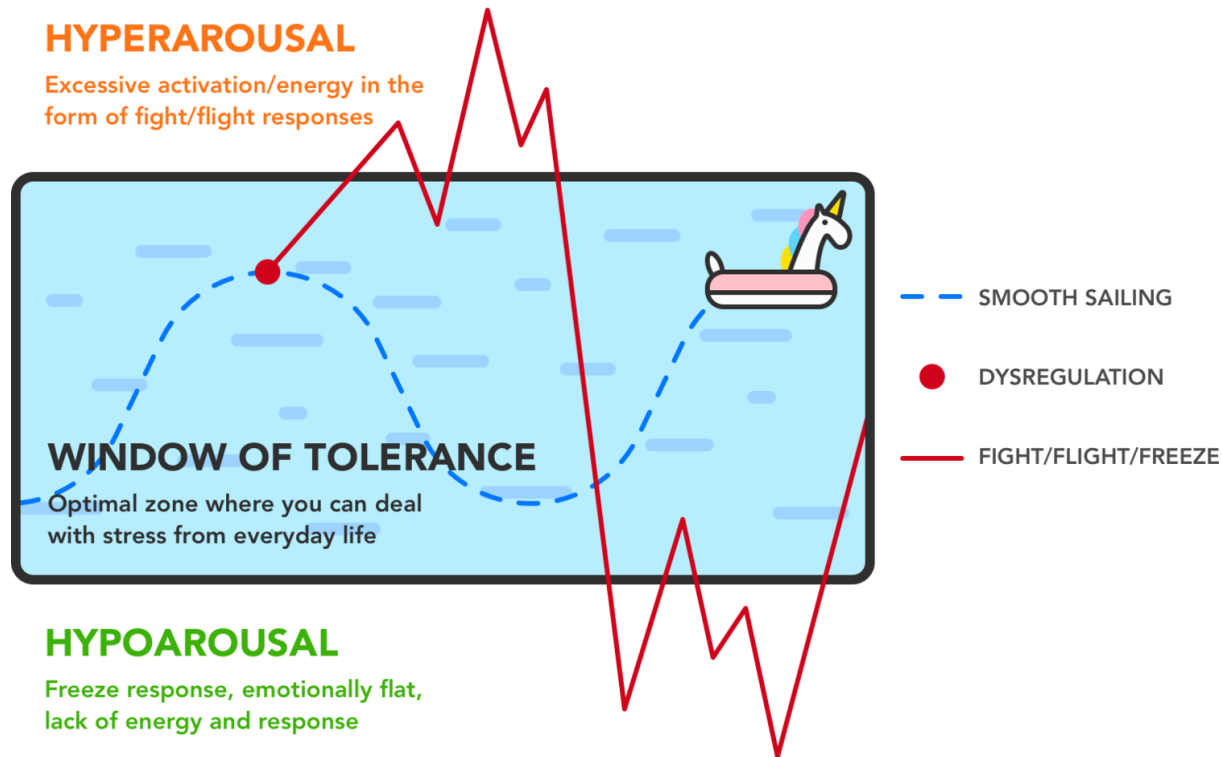
- Surrendering or becoming compliant
- Feeling empty or numb, like you are shutting down
- Experiencing detachment
- Rationalizing or justifying behaviors or situations

✓ Zelfregulatie = effectief omgaan en het beheersen van je eigen emoties, gedachten en gedrag

✓ Zelfregulatie ontwikkelt niet in isolatie, rol van co-regulatie

✓ Herhaaldelijke ervaringen van veiligheid = stabiliteit

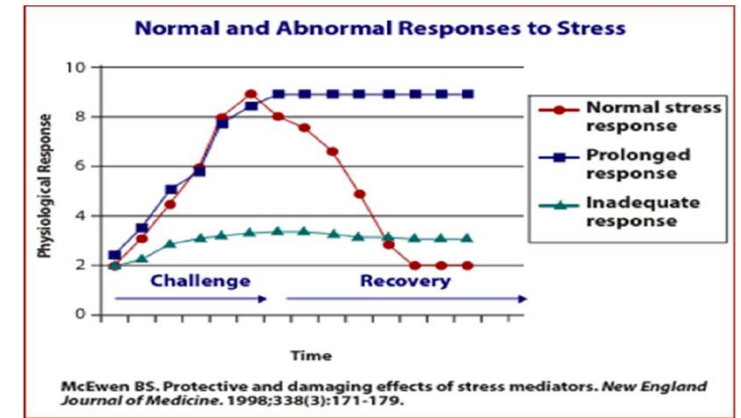
= Veel kinderen/jongeren zitten chronisch buiten hun regulatiezone



- Therapierespons
 - Therapie werkt minder goed buiten het window of tolerance
 - Therapie vergt vaak regulatiecapaciteit
- Zelfregulatie - oefeningen helpen emoties, stress en gedrag te beheersen door fysieke en mentale acties
 - Ontwikkeling van vaardigheid via ervaring, niet enkel inzicht
 - Interventies gericht op het veranderen van de fysiologie kunnen nuttig zijn

Arousal en stress

- Stress(respons) = natuurlijk overlevingsmechanisme
 - Stress moet niet vermeden worden, inherent deel van het leven
 - Normale omstandigheden: stress systeem laat adaptatie toe
 - Initiëren van stressrespons
 - Stoppen van stressrespons
 - Een goed functionerend stress systeem = **flexibel systeem**
- Chronische stress
 - = over activatie van het stress systeem
 - Leidt tot disregulatie van o.a. cortisol en balans van autonoom zenuwstelsel
 - Heeft impact op breinregio's die betrokken zijn bij o.a. emotieregulatie (amygdala, prefrontale cortex, hippocampus)



Ademhaling en hartritmevariabiliteit



- Hartritmevariabiliteit (HRV) = marker van balans in het autonome zenuwstelsel
- Hoe kan HRV/ademhaling in de klinische praktijk gebruikt worden voor
 - Verhogen van veerkracht
 - Verhogen van zelfregulatie
 - Stressreductie

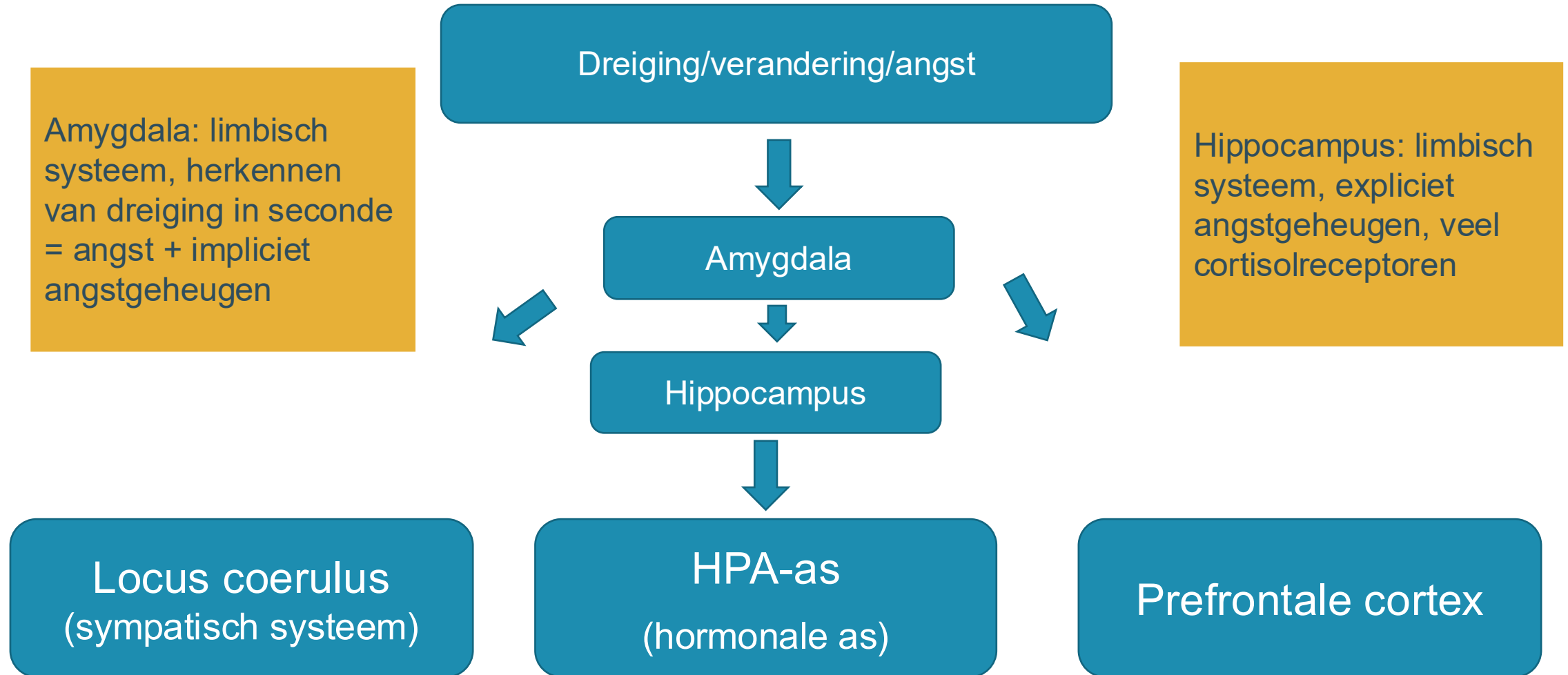


Begrijpen van het stressfysiologie en de stressrespons

Stress systeem

- Neurobiologische basis
- Vast patroon van fysiologische reacties en gedragsprogramma's wordt ingeschakeld en brengt lichaam in staat van paraatheid
- Stressmechanisme staat in voor behoud en herstel van evenwicht
- Stressrespons
 - *'Aanpassingsreactie van het organisme op een lichamelijke/psychische evenwichtsverstoring. Het is een wisselwerking tussen organisme en de door de omgeving gestelde eisen'*
 - Subjectieve perceptie speelt een belangrijke rol

Stress respons

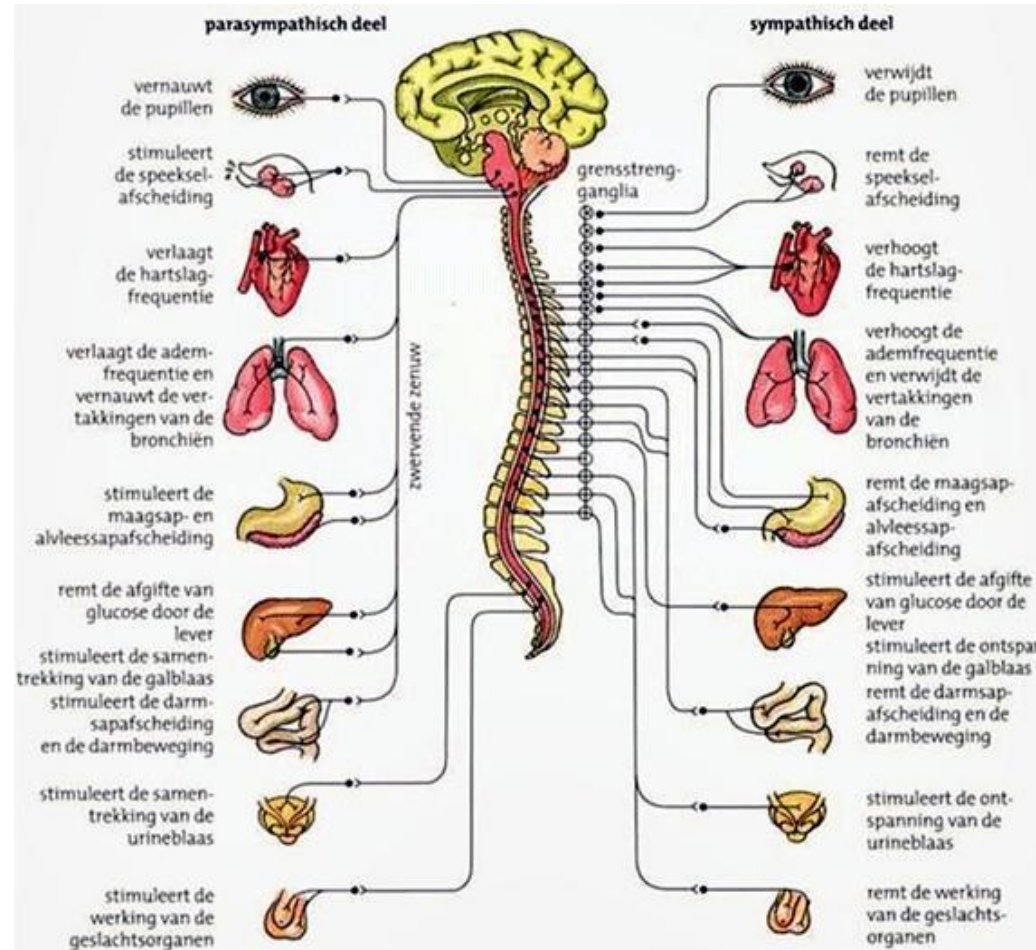


Autonome zenuwstelsel

Parasympaticus

Rest & digest

'Rem'



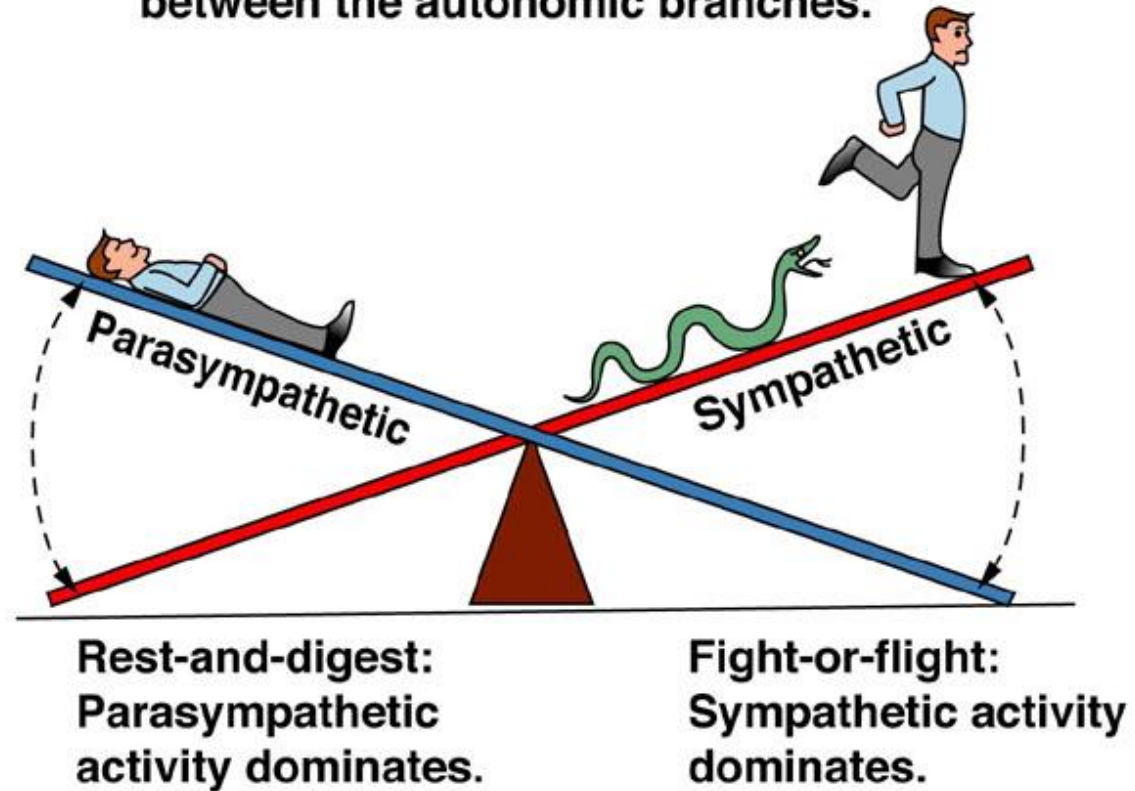
(Ortho)sympaticus

Fight, flight, freeze

'Gaspedaal'

Autonome zenuwstelsel

Homeostasis is a dynamic balance between the autonomic branches.



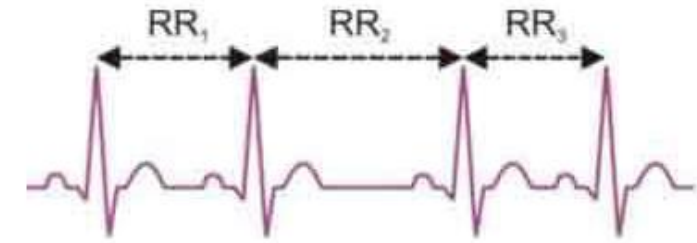
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figure 11-1

Sympatisch systeem

- Locus coeruleus
 - Klein gebied in hersenstam
 - Maakt noradrenaline vrij die het prikkelt sympatisch systeem
 - 'Snelle pad': onmiddellijke reactie (adrenalinestoot)
 - Verhoogde sympatische drive en onderdrukte parasympatische activiteit
 - Inhibitie cortex
- Noradrenaline prikkelt orthosympaticus: bijniermerg= productie adrenaline
 - Tijdens endocriene stimulatie van adrenaline: Toename glucosespiegel, dopamine (gelukkig gevoel), endorfine (pijndemping, morfine achtige stof), verhoogde hartslag, ademhaling, bloeddruk, inhibitie cortex
- Algemene arousal, toestand van paraatheid

Hartritmevariabiliteit



- HRV
 - Hartslag is niet constant
 - = de variatie in tijd tussen opeenvolgende hartslagen (interbeat intervals = IBI's)
 - 'objectieve' parameter/index van de werking van het autonome zenuwstelsel
 - Wordt beïnvloed door verschillende factoren: stress, slaap, fysieke activiteit, leeftijd, adem, etc.
 - *An optimal level of variability is critical to the inherent flexibility and adaptability or resilience that optimizes healthy functioning and wellbeing ~ Shaffer*
- Indicator van gezondheid
 - Hoge HRV wordt geassocieerd met een gezond en flexibel hart dat goed reageert op stress en zich aanpast aan veranderingen
 - Lage HRV kan wijzen op stress, vermoeidheid of gezondheidsproblemen. Geassocieerd aan ziekte en mortaliteit, psychopathologie en gelinkt aan lagere invloed van parasympatisch zenuwstelsel op hartslag

HRV en mentaal welbevinden

- Chronische stress leidt tot verlaagde HRV als gevolg van sympatische dominantie
- Depressie: geassocieerd aan lagere vagale tonus; lagere HRV is een predictor voor depressie en HRV is geassocieerd aan de ernst van depressieve symptomen
- Angst: lagere HRV in rust bij personen met PTSD, paniekstoornis, gegeneraliseerde angststoornis, sociale angststoornis
- Veerkracht: hogere HRV is geassocieerd aan betere emotieregulatie, executieve functies en herstel van stress

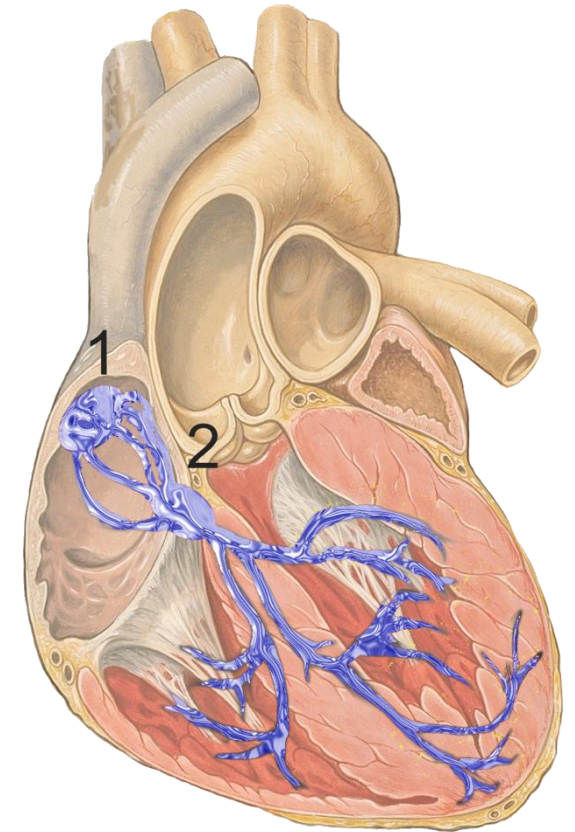
Hartritmevariabiliteit

Biomarker

Aangrijpingspunt interventie

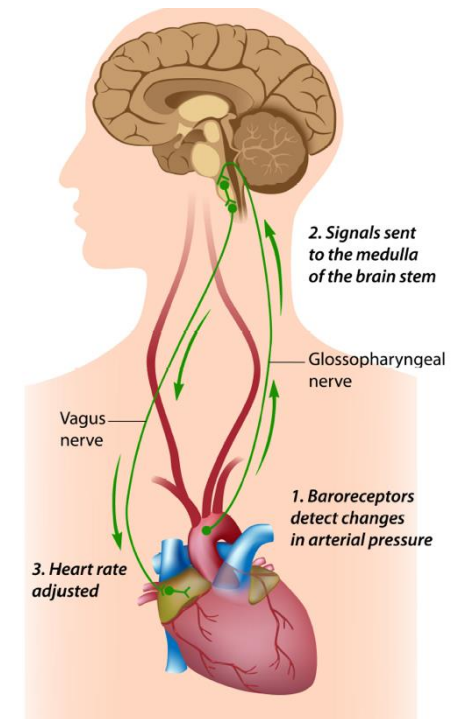
Het hart

- Interne pacemaker
 - Sino-atriale knoop (SA knoop) (1)
 - Start de elektrische impuls voor elke hartslag = contractie
- Sympaticus en parasympaticus projecteren op SA knoop = bepalen hartfrequentie
 - Parasympaticus = hartfrequentie daalt
 - (ortho)sympaticus = hartfrequentie stijgt
- Indien geen invloed van autonoom zenuwstelsel = 100-110 slagen/minuut
 - In rust 60-80 slagen per minuut (dominantie van parasympaticus)



Effect van baroreflex op hartfrequentie

- Baroreflex = in stand houden van de bloeddruk (homeostatisch systeem) via baroreceptoren
- **Baroreceptoren**
 - ‘receptoren’ in aortaboog en in halsslagaders
 - Verantwoordelijk voor regulatie van snelle, korte termijn veranderingen in bloeddruk (bv. bij wisselen van houding)
 - Meten veranderingen in bloeddruk en signaleren dit via Nervus Vagus aan hersenstam
 - Autonoom zenuwstelsel (parasympaticus en orthosympaticus) reguleren bloeddruk via projectie op SA knoop
- **Regulatie bloeddruk**
 - Afname in bloeddruk = hartfrequentie stijgt
 - Toename in bloeddruk = hartfrequentie daalt

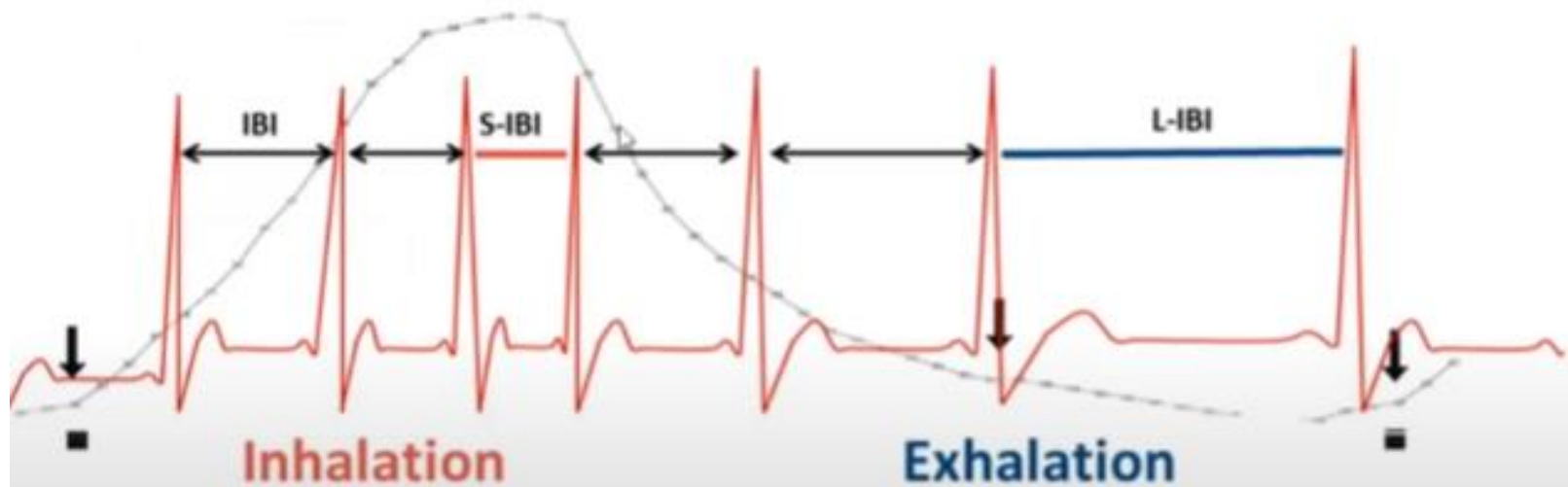


Effect van ademhaling op hartfrequentie

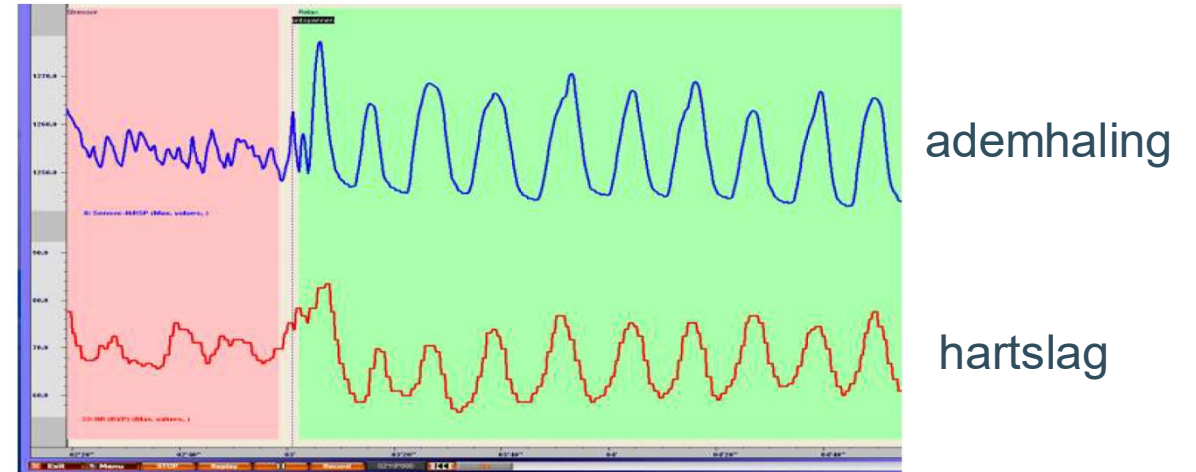
Respiratoire sinusaritmie = Een natuurlijk fenomeen waarbij de hartslag de ademhaling volgt

Inademen: hartfrequentie neemt toe

Uitademen: hartfrequentie neemt af



Respiratoire sinusaritmie (RSA)

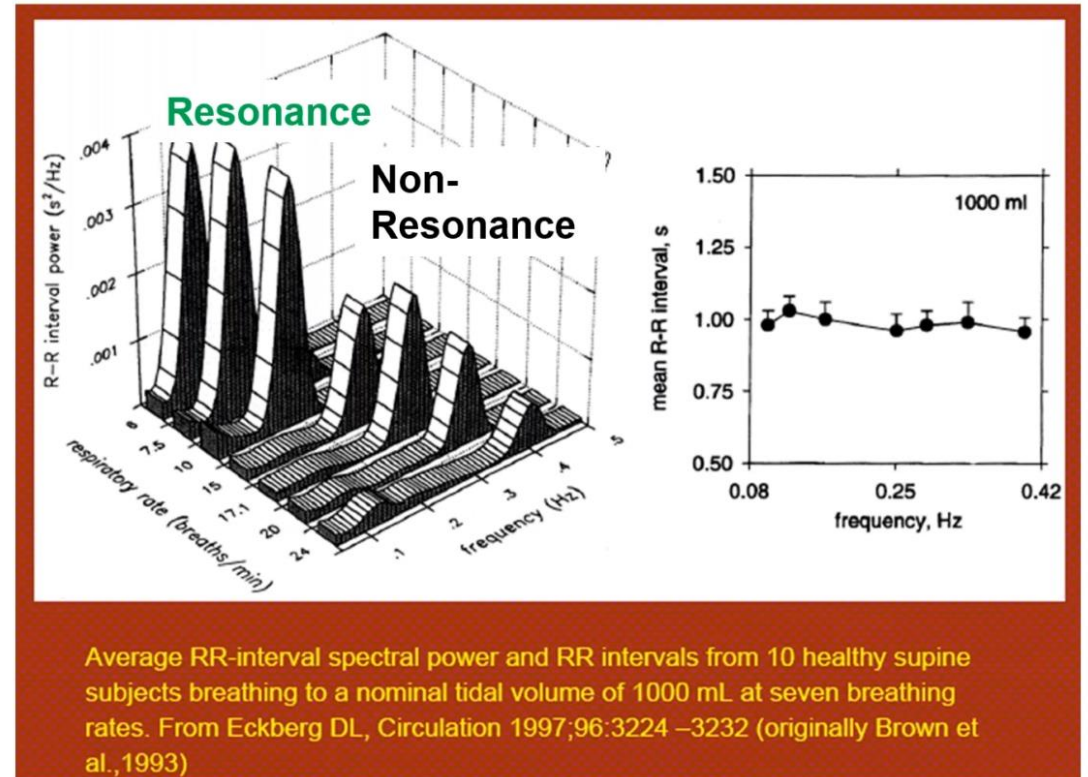


- Enkel gemedieerd door de parasympatische tak van het autonome zenuwstelsel
 - Directe projecties van de nervus vagus op het hart
 - Maat van cardiale vagale modulatie
- Lagere RSA waarden zijn geassocieerd aan medische en psychologische problemen, bv. Angst en depressie, gedragsproblemen, etc.

Resonante frequentie

= De ademhalingsfrequentie waarbij een maximale variabiliteit in hartslag optreedt

- De grafieken van ademhaling en hartslag komen overeen
- De invloed op de hartslag door de baroreflex en de ademhaling resoneren met elkaar waardoor een maximale HRV wordt bereikt → gezien betrokkenheid van parasympaticus in beide systemen → maximale toename in cardiale vagale modulatie



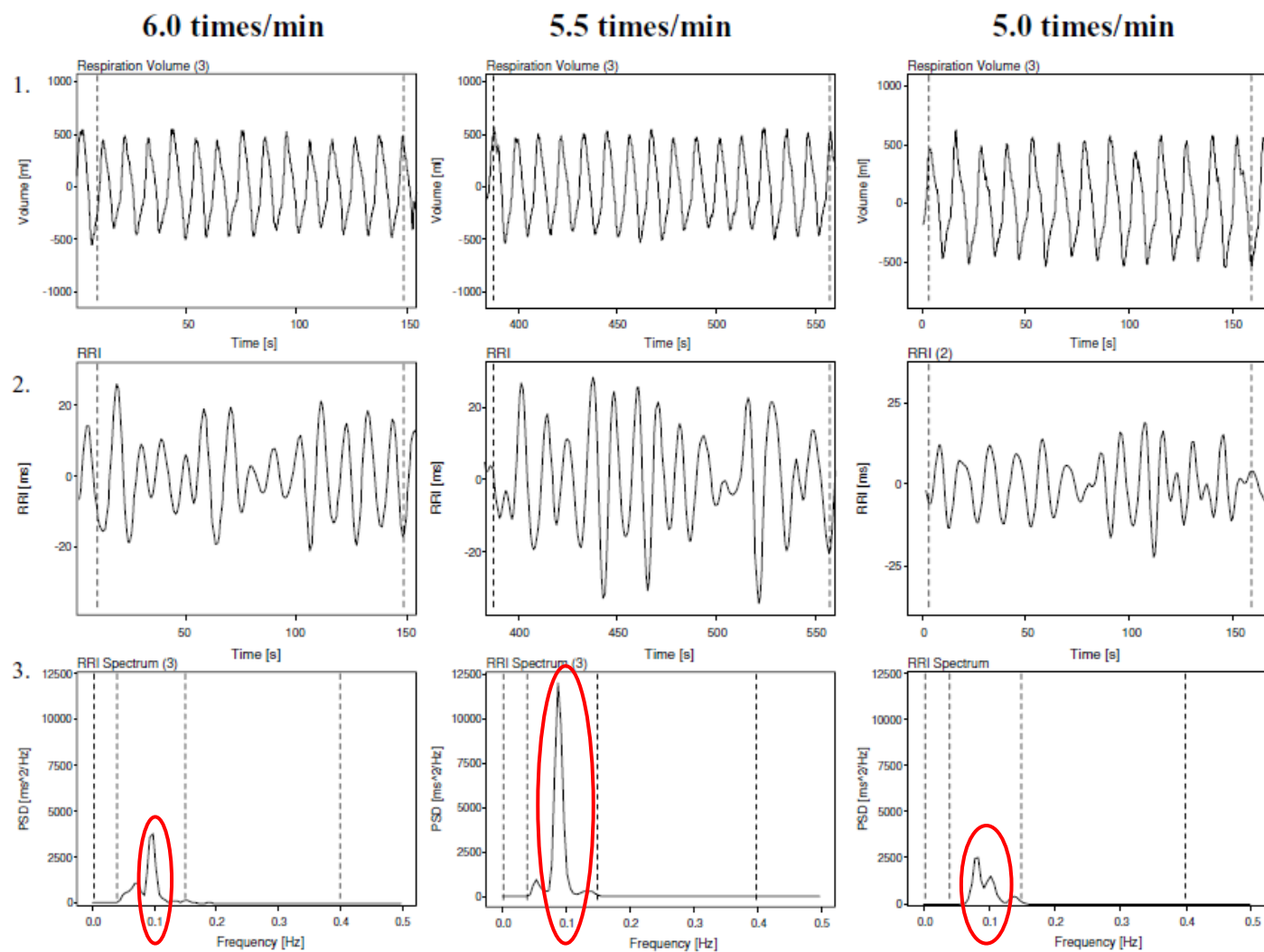
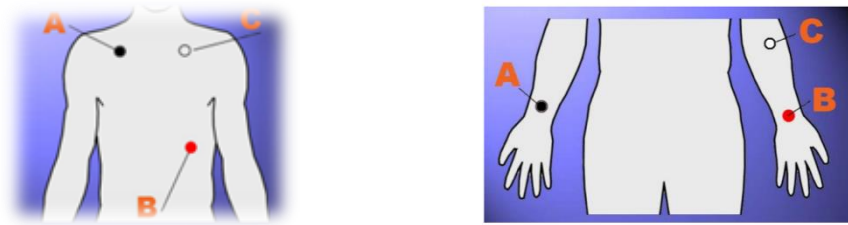


Fig. 1. Heart rate reactions to paced breathing at the resonant frequency of 5.5 times/min and at frequencies close to this frequency (recorded from one participant). 1. Current Respiration Volume. 2. Current RR interval of the ECG (RRI). 3. RRI frequency spectra. Breathing at the heart rate resonant frequency elicited high amplitude RRI oscillations at that frequency. Small shifts in breathing frequency from resonant significantly changed RRI oscillation amplitude.

Hoe wordt HRV gemeten?

- Meten van de variatie in tijd tussen opeenvolgende hartslagen = Interbeat interval (IBI) = Interval tussen 2 R-pieken
- EKG: elektrocardiografie (borstplaatsing of polsplaatsing)



- PPG = photoplethysmografie: meet verandering in bloedvolume in de bloedvaten = indirecte registratie van de hartslagen (PPG sensor vinger/oor, wearables)



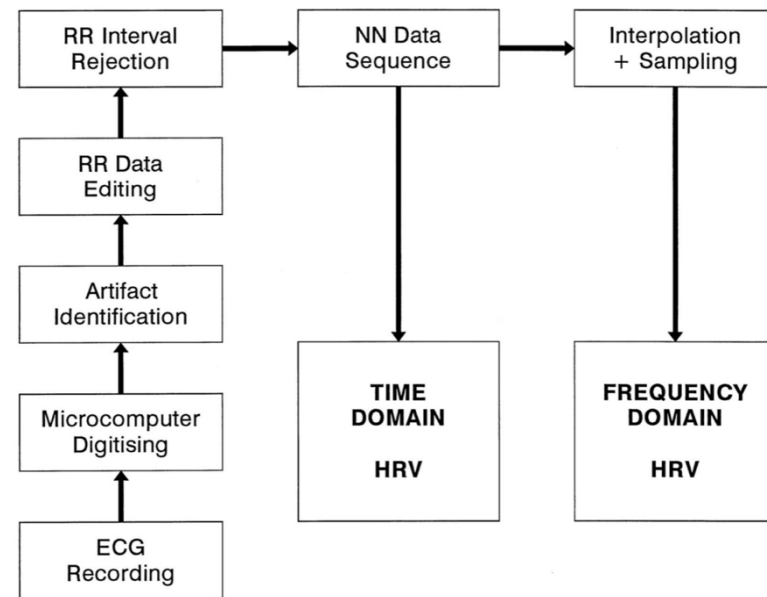
Hoe wordt HRV gemeten?

- **Lange termijn meting**
 - Betrouwbare meting (24-72u)
 - Enige manier om invloed van 'langzame' processen op het hart te meten, zoals dag-nachtritme, temperatuur, metabolisme
 - Verminderde HRV is geassocieerd met kwetsbaarheid voor psychische en fysieke stressoren en ziekte
- **Korte termijn meting**
 - Klinische toepassing
 - 5-30 minuten
 - Ideaal voor veranderingen in HRV te meten als gevolg van veranderende omstandigheden
- **Ultra korte meting**
 - <5 minute
 - Relatief goede overeenkomst met korte meting (5-10min.), geen goede overeenkomst met lange meting

HRV indexen

Hartritmevariabiliteit wordt beschreven met verschillende **indexen/parameters**, meestal ingedeeld volgens wijze van analyse

- Tijdsdomein = Gebaseerd op variaties tussen opeenvolgende RR-intervallen (NN-intervallen)
- Frequentiedomein = Analyse van HRV in frequentiebanden (spectraal analyse)



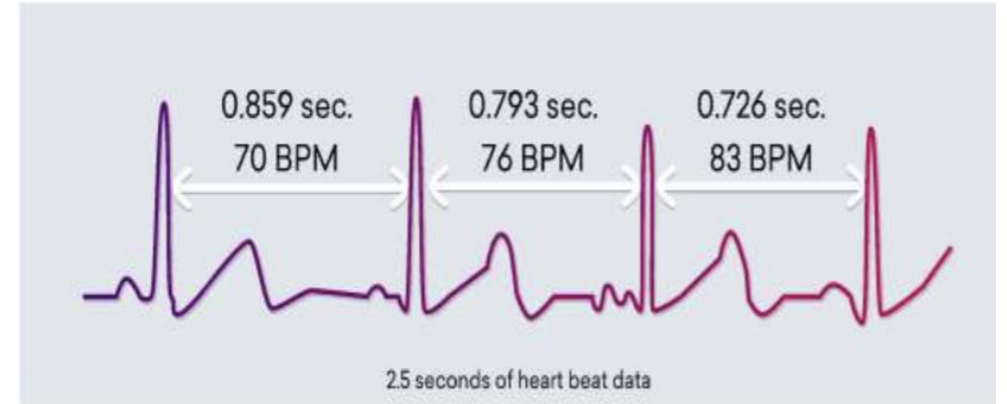
HRV indexen: Tijdsdomein

- **RMSSD**

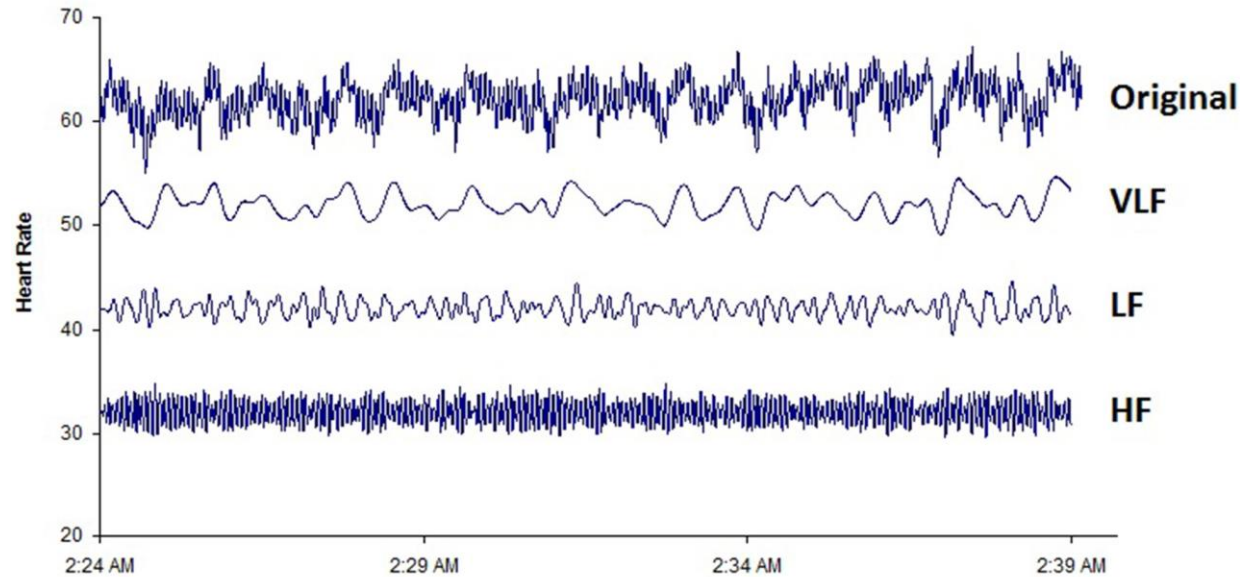
- = Root Mean Square of Successive Differences
- = Korte-termijnvariatie tussen opeenvolgende slagen
- Parasympathische (vagale) activiteit
- Geschikt voor korte metingen (5 min.)
- Vooral gebruikt bij stress en autonome dysfunctie

- **SDNN**

- = Standaarddeviatie van alle NN-intervallen (RR intervallen)
- Algemene HRV (sympathisch + parasympathisch)
- Vooral gebruikt in cardiologie en 24u metingen
- Uitgedrukt in ms



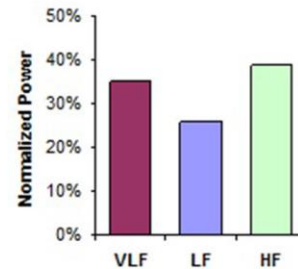
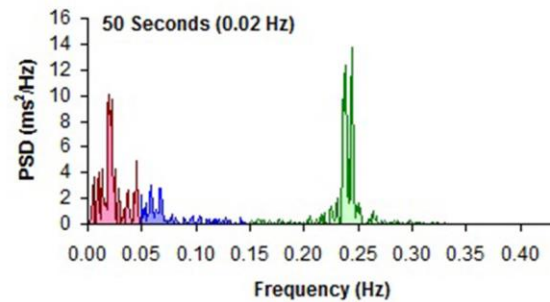
HRV indexen - frequentiedomein



VLF = very low frequency

LF = low frequency

HF = high frequency

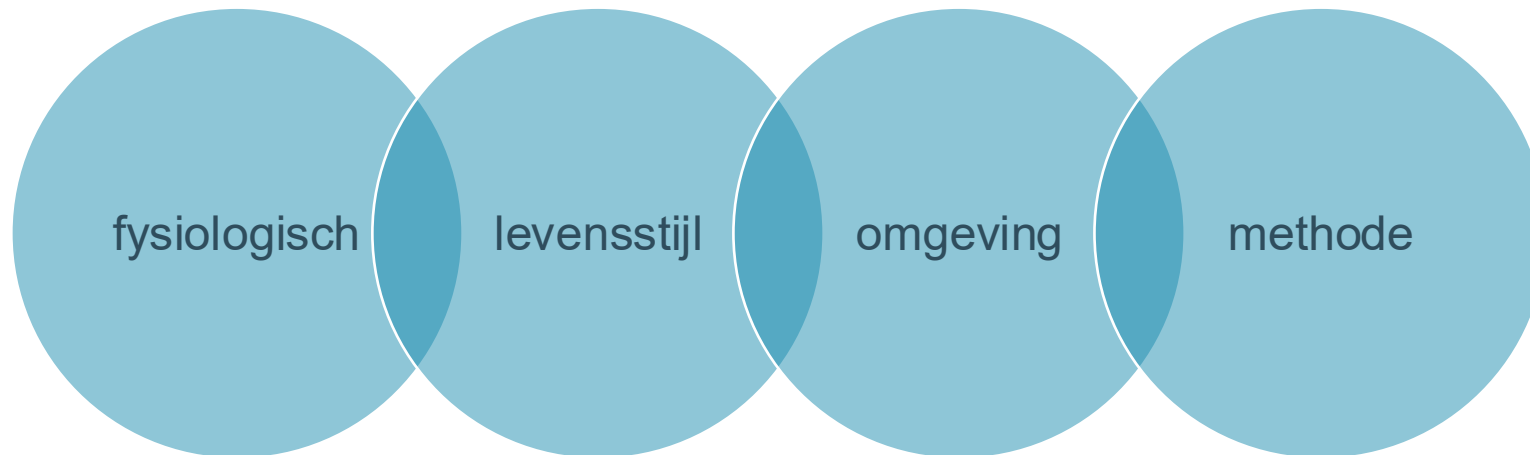


HRV indexen – frequentiedomein

- **ULF (ultra low frequency, <0,003Hz) en VLF (Very Low Frequency, < 0,04 Hz)**
 - Lange termijntrend
 - Langzame biologische processen (circadiaans ritme, thermoregulatie, metabolisme, etc.)
 - Analyse enkel mogelijk bij lange metingen
- **LF (Low Frequency)**
 - 0,04–0,15 Hz
 - Reflecteert de gemengde sympathische en parasympatische invloed, autonome controle (baroreflex)
- **HF (High Frequency)**
 - 0,15–0,40 Hz
 - Reflecteert de parasympatische activiteit (ademhaling)
- **LF/HF-ratio**
 - Verhouding LF tot HF
 - Let op: historisch populair gebruik, maar interpretatie is controversieel (niet aanbevolen als enige maat)

Invloeden op HRV

- Hoewel HRV een 'objectieve' parameter is, is HRV erg sensitief en wordt deze beïnvloed door verschillende factoren
- Veranderbare (bv. omgeving) en onveranderbare factoren (bv. geslacht, leeftijd)



HRV interpreteren

- Gezien de verschillende factoren die een invloed uitoefenen op HRV is het belangrijk om:
 - Bij assessment een aantal factoren stabiel te houden (bv. tijdstip van de dag, levensstijlfactoren, etc.) over de metingen heen
 - Intra-individueel te kijken
- Vergelijk de verschillende indexen niet 'met/door elkaar'
- Normwaarden zijn niet nuttig bij korte termijn metingen!

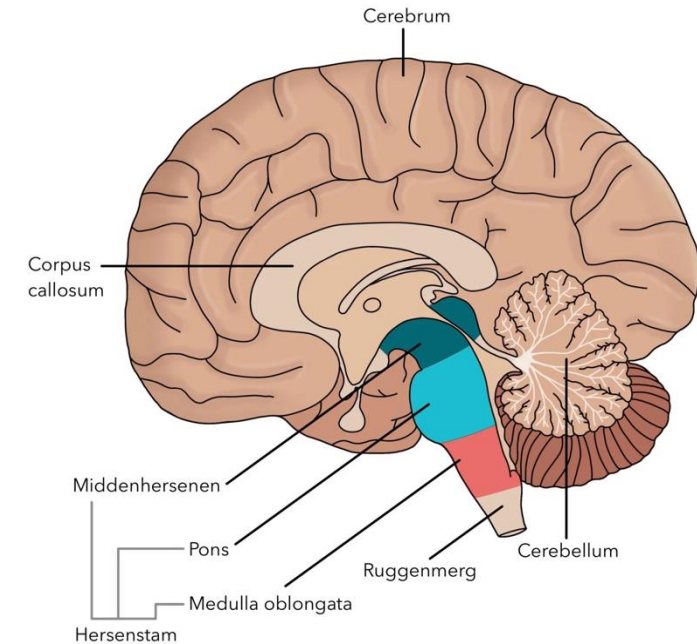
Ademhaling

- Natuurlijke ademhaling
 - = Wisselvallig
 - = Veranderlijk
 - = Aangepast aan situatie
- Ademhaling
 - = spiegel van gevoelstoestand (snel/oppervlakkig versus diep/rustig)
 - = rechtstreeks verbonden met autonoom zenuwstelsel



Ademregulatie

- Normaal ritme +/- 12 x per minuut (+/- 20 000x per dag)
- Ademcentrum
 - Verlengde merg en pons (onderste deel hersenstam)
 - Regelt frequentie, regelmaat en diepte ademhaling
- Autonoom zenuwstelsel
 - = automatisch (stuurt ademhalingsspieren aan)
 - = maar kan **bewust beïnvloed** worden = interventie
- CO₂ gehalte prikkelt ademcentrum



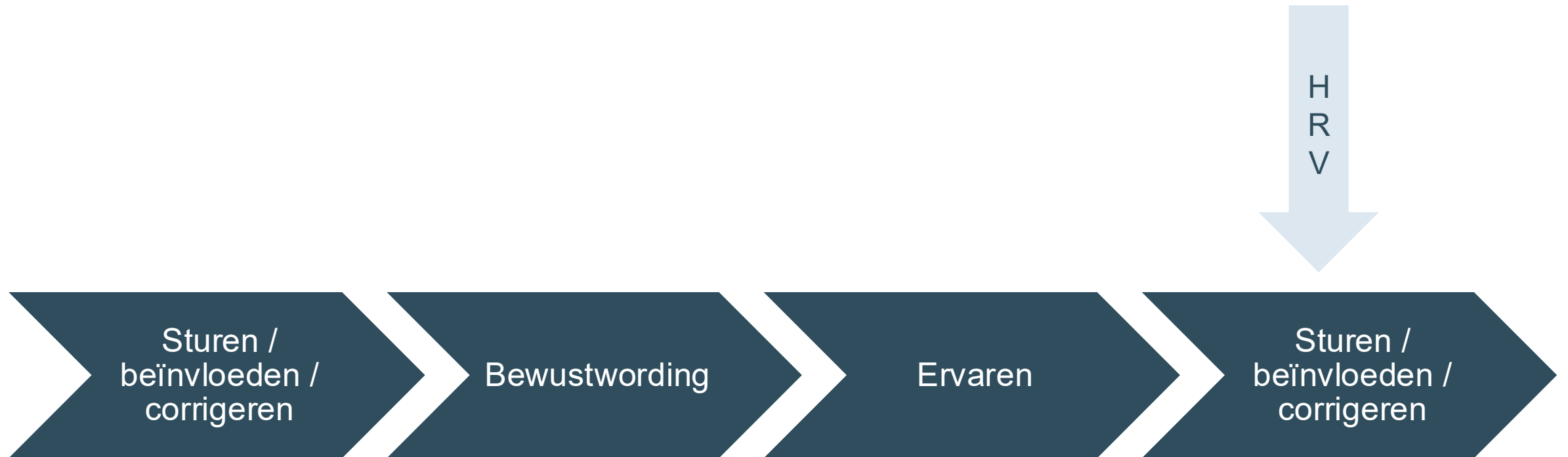
Ademregulatie



Indien ademhalingsfrequentie stijgt, dan daalt CO2

- Doorheen de dag/nacht is er een wisselende behoefte aan zuurstof. Bv. sporten versus slapen
- Lichaam is normaliter in staat om te reageren op deze **variabele zuurstofbehoefte** via de regulatie van de ademhaling
- **Receptoren** meten constant de hoeveelheid CO2 in het bloed > **sensorische zenuwen** informeren het **ademcentrum**
 - Indien toenemende CO2 concentratie gaat ademcentrum in 'actie' schieten > motorische zenuwen gaan naar de ademhalingsspieren (tussenribspieren en middenrif) > ademhalingsfrequentie stijgt, CO2 concentratie neemt af.
 - Feedbackmechanisme houdt CO2 in bloed constant

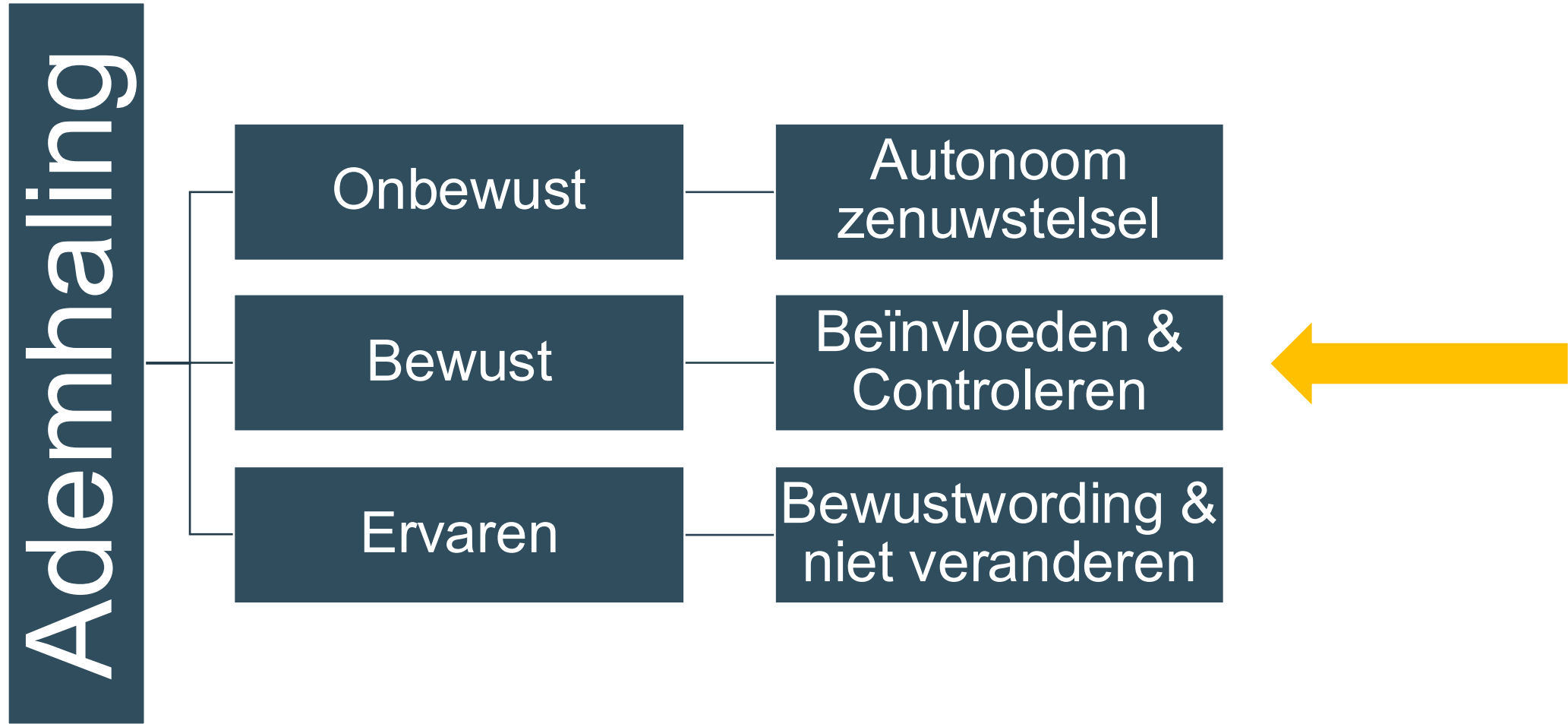
Evolutie in doelstellingen



Hoe HRV verhogen?

- HRV kan actief beïnvloed worden
- Interventies zijn vaak eenvoudig, laagdrempelig en niet-invasief
- Interventies zijn gericht op aanleren van vaardigheden en zelfregulatie
- Levensstijl
 - ✓ Voldoende en regelmatig bewegen
 - ✓ Slaap
 - ✓ Ademhaling
- Klinische toepassingen
 - Intake/baseline: inschatten van arousal niveau, regulatiecapaciteit evalueren
 - Behandeling: stabilisatie bij trauma, regulatie bij angst, voorbereiding op exposure, co-regulatie met ouders, responsiviteit/reactiviteit van stress systeem, ...

Ademhaling - interventies



Sturen – controleren van ademhaling

- Ervaarbaar ademen niet altijd haalbaar in onze populatie
 - Te veel aandacht aan besteden
 - Angst voor controleverlies
- Klassieke relaxatie-oefeningen = niet altijd haalbaar
 - Bv. sluiten van ogen, angst voor controleverlies, relaxatierespons kan lichaamsbewustzijn verhogen (niet altijd wenselijk), ...
 - Soms te abstracte verwoordingen
- Sturen – controleren van de ademhaling = goed en toegankelijk alternatief
- HRV training/adem training = spreekt regulatie mogelijkheden aan

Verschillende benamingen van hartslag trainingsmethodes

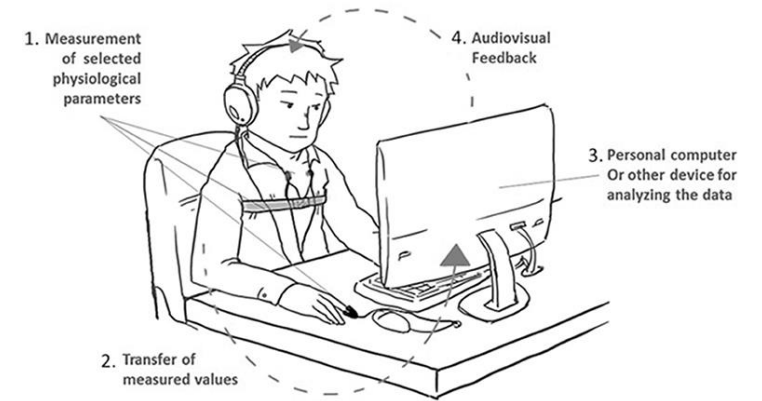
- RSA training
- HRV training
- HRV biofeedback
- Resonante frequentie feedback



Bewust traag ademen om HRV te maximaliseren
Feedback = hartslagvariabiliteit

- Verschillende methodes voorhanden, twee meest gebruikte protocollen
 - HRV biofeedback in combinatie met resonante frequentietraining (thuis)
 - Slow-paced breathing

Biofeedback



- Psychofysiologie
 - Fysiologisch ↔ Cognitieve functies
 - Continu proces
- Biofeedback: Maakt onzichtbare lichaamsreacties ten opzichte van emoties, gedachten en gedrag zichtbaar ~ *psychofysiologische spiegel*
- Een vorm van toegepaste psychofysiologie
 - Helpt mensen om hun gedrag te veranderen door middel van feedback over hun eigen fysiologie

Biofeedback interventie (training)

Bewustzijn creëren

- Relatie stressor – fysiologische verandering
- Bewust fysiologische veranderingen opmerken in het dagelijkse leven



Interne zelfregulatie

- Leren om een fysiologisch signaal te verhogen/verlagen
- Oefening baart kunst → thuishooftraining!

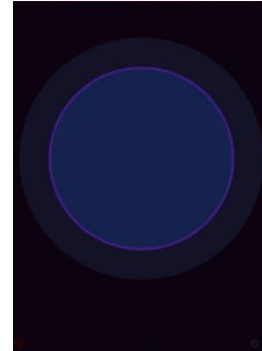


Generalisatie

- Interne zelfregulatie zonder ondersteuning van toestellen
- In alle omgevingen en situaties

Slow-paced breathing

- 6 ademhalingen per minuut
 - In: 3 s
 - Houden: 1 s
 - Uit: 4 s
 - Houden: 2 s



- Focus op buikademhaling en getuite lippen (voorkomen hypoxie-symptomen)
- Handige apps
 - Awesome breathing
 - Paced breathing
 - Breathe
 - Respirelax+

Apparaten

Professioneel gebruik



Thuis



Voordelen: praktisch en conceptueel

- Patiënt 'engagement':
 - Biofeedback kan motivatie en zelfbewustzijn verhogen
 - Monitoren van vooruitgang: HRV kan gebruikt worden als outcome meting, eventuele progressie wordt meetbaar
- HRV biofeedback kan geïntegreerd worden tijdens therapie sessies
- Zelfregulatie
 - Praktische vaardigheid: Concrete techniek die ze buiten therapie kunnen gebruiken
- Empowerment en eigenaarschap herstel
- Relatief korte interventieduur
- Niet-invasief, niet farmacologisch
- Toegankelijk en kan ingebouwd worden in dagelijkse routine

Uitdagingen en overwegingen - algemeen

- Individuele variabiliteit: HRV wordt beïnvloed door verschillende factoren
 - Moeilijk om tussen personen te vergelijken
 - Invloed van omgevingsfactoren
- Standaardisatie: verschillende toestellen voorhanden, vaak commercieel en onvoldoende gevalideerd
- Financiële overwegingen
 - Professionele apparatuur
 - Training en opleiding

Uitdagingen en overwegingen - Geestelijke gezondheidszorg

- Kan omgekeerd effect hebben bij bv. angst: hyperfocus op lichaamssignalen
- Aandacht en concentratie: bv. depressie
- Vertrouwen: bv. psychose
- Interactie met psychofarmaca: sommige psychofarmaca heeft invloed op autonoom zenuwstelsel
- Motivatie: regelmatige (thuis) training is nodig

Vragen?

Tine.vandamme@kuleuven.be

Tine.vandamme@upckuleuven.be