

Vereniging voor Hart-, Vaat- en Longfysiotherapie



Chronisch ZorgNet
bewegen & leefstijl

HVLnT en CZN
28 mei 2026

Namens het HVLnT en als regiocoördinator CZN: van harte welkom!

Dagvoorzitter: Wim te Wierik

Vereniging voor Hart-, Vaat- en Longfysiotherapie



Agenda

- 17.30 uur Inloop in het restaurant van Saxion. Deelnemers hebben de mogelijkheid om een aldaar maaltijd te nuttigen of om koffie / thee te halen. Dit is echter voor eigen rekening.
- 18.15 uur Verzamelen en registratie van aanwezigheid bij lokaal H220.
Frisdrank en sapjes worden aangeboden gecombineerd met een lekkernij.
- 18.30 uur Start programma met een korte bestuurlijke HVLnT mededeling door Wim te Wierik
- 18.40 uur Theorie en praktijk bij disfunctioneel ademen en het gebruik van de Powerbreathe.
De praktische vaardigheden worden begeleid door 3 bestuursleden van HVLnT.
- Uiterlijk 20.00 uur Afsluiting.

Vereniging voor Hart-, Vaat- en Longfysiotherapie



Mededelingen

- Presentielijst tekenen!
- Accreditatie voor CZN: 2 punten per bijeenkomst

Programma 2026 met 4 HVLnT bijeenkomsten

3 bijeenkomsten HVLnT en CZN gezamenlijk.

Vereniging voor Hart-, Vaat- en Longfysiotherapie



Resterend programma in 2026

22 september:

Deze bijeenkomst wordt verzorgd door Davy Paap, lectoraat Saxion

Het thema is een theoretische beschouwing over Embodiment, lichamelijkheid bij hart vaat long patiënten.

De exacte locatie en aanvangstijd is op dit moment nog niet bekend.

We starten In ieder geval aan het begin van de avond.

19 November:

Thema is niet helemaal bekend.

Mogelijk een presentatie over sarcopenie.

Andere mogelijkheid is bezoek aan snijzaal.

Ideeën ook voor 2027? Laat het weten !!!!

Vereniging voor Hart-, Vaat- en Longfysiotherapie



Mededelingen

Samenwerking met CZN: Pilot fase

TFO integratie

Landelijk VHVL netwerk

Leden HVLnT: Restitutie 20 euro inschrijfgeld verdiepingscursus sPAV CZN

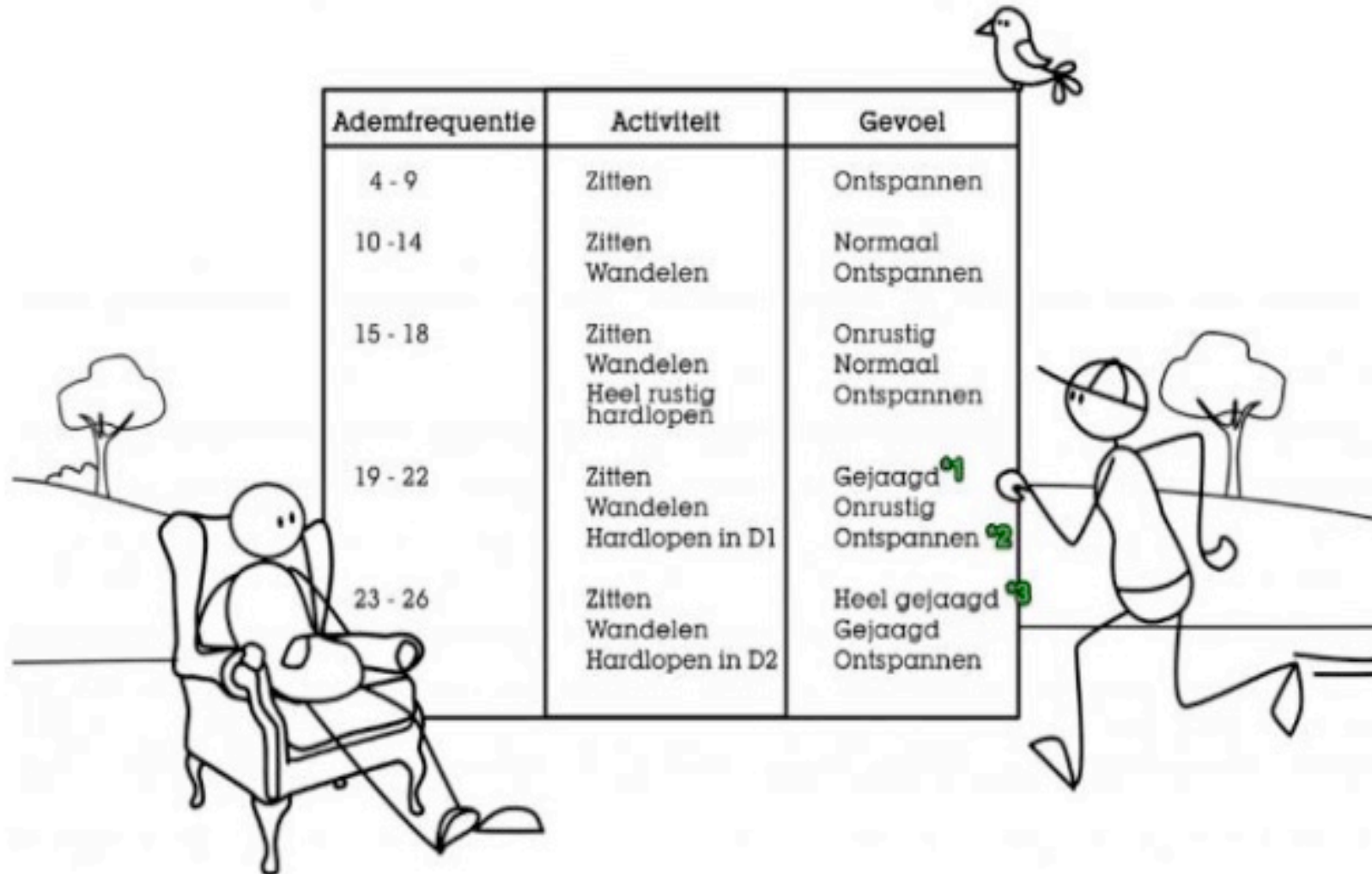
Leden HVLnT: Collectieve aanschaf Powerbreathe.

Vragen / opmerkingen?

Disfunctioneel ademen = DA

Theoretische inleiding

Relatie adempfrequentie, activiteit en gevoel



Ademfrequentie	Activiteit	Gevoel
4 - 9	Zitten	Ontspannen
10 - 14	Zitten Wandelen	Normaal Ontspannen
15 - 18	Zitten Wandelen Heel rustig hardlopen	Onrustig Normaal Ontspannen
19 - 22	Zitten Wandelen Hardlopen in D1	Gejaagd ¹ Onrustig Ontspannen ²
23 - 26	Zitten Wandelen Hardlopen in D2	Heel gejaagd ³ Gejaagd Ontspannen

Ademfrequentie, diepte en AZS

Relatie ademfrequentie, ademdiepte en AZS

Parasympathetic Stimulation					
		Low	High		
Breathing Frequency	High	Strong sympathetic Stimulation Weak parasympathetic Stimulation Low HRV Amplitude Autonomic Imbalance	X		High
	Low	Weak Sympathetic Stimulation Weak Parasympathetic Stimulation Low HRV Amplitude Autonomic Imbalance			Low
		Low	High		
	Breathing Depth				

Dyspnoe en disfunctioneel ademen: Klinisch model



Parasympatisch / Sympatisch

Parasympatisch ↑:

Uitademen (langzaam)
Neus (diafragmaal)
Ademfrequentie ≤ 6 BPM
Adempatroon: Low, Slow,
Deep (diafragmaal)
N. Phrenicus (C4) is
voornamelijk parasympatisch

Parasympatische ZS:

Rest
Digest
Recovery (herstel)



Sympatisch ↑:

Inademen (snel)
Mond (costo-sternaal)
Ademfrequentie > 6 BPM
Adempatroon: "Rapid
Shallow" (costo-sternaal)

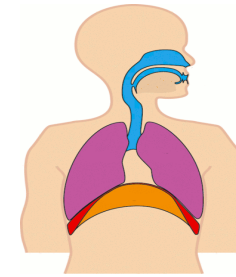
Sympatische ZS:

Fight
Flight
Freeze

Overzicht ademspieren

- **diafragma:** primair inspiratie

FRC



- **mm. scaleni:** primair inspiratie
- **mm. intercostalis interni**
 - parasternale intercostale interni: primair inspiratie
 - interossale intercostale in- & externi: stabilisatie thorax
- **m. levatores costae:** primair inspiratie

Overzicht ademspieren

- **abdomen:** hulp expiratie/inspiratie
- **m. quadratus lom.:** hulp expiratie
- **m. erector trunci:** hulp inspiratie / stabilisatie
- **m. latissimus dor.:** hulp expiratie
- **m. trapezius desc.:** hulp inspiratie
- **m. serratus post.:** hulp expiratie, hulp inspiratie
- **m. serratus ant.:** hulp inspiratie
- **m. transversus th.:** hulp expiratie
- **m. sternocleidom.:** hulp inspiratie
- **mm. pectorales:** hulp inspiratie

Disfunctioneel ademenhalen

- **Disfunctioneel ademen:** Vele aanduidingen: Hyperventilatie syndroom of medisch onverklaarbare dyspnoe.
- **Ademhalingsstoornis** met maladaptieve ademhalingspatronen geassocieerd met respiratoire en niet respiratoire symptomen.
- **Primair disfunctioneel ademen:** symptomen worden niet (volledig) verklaard door specifieke ziekte.
- **Secundair disfunctioneel ademen:** symptomen zijn secundair aan bepaalde ademhalingsstoornissen.
- **Symptomen in kaart brengen met Nijmeegse vragenlijst (NVL).**
- **Multidimensioneel karakter:** Ingewikkeld samenspel van neurale, biomechanische, biomedische en psychologische mechanismen.
- **Angst en stress:** hebben een associatie met disfunctioneel ademen.

Disfunctioneel ademen

Ademvigilantie:

Definitie:

Angstvallig volgen van ademhalingsgevoelens met als doel snel waarnemen van veranderingen die duiden op een bedreiging van de ademhalingsstoestand.

De score op de NVL is positief geassocieerd met ademvigilantie.

Wisselwerking tussen angst en disfunctioneel ademen.

Hypothese: Angstige en gestreste personen letten extreem op ademgevoelens en voelen zich mogelijk bedreigd.

Dit heeft effect op de automatische ademcontrole waardoor uitlokking disfunctioneel ademen plaatsvindt en weer angst of stress opwekt.

Vicious circle.

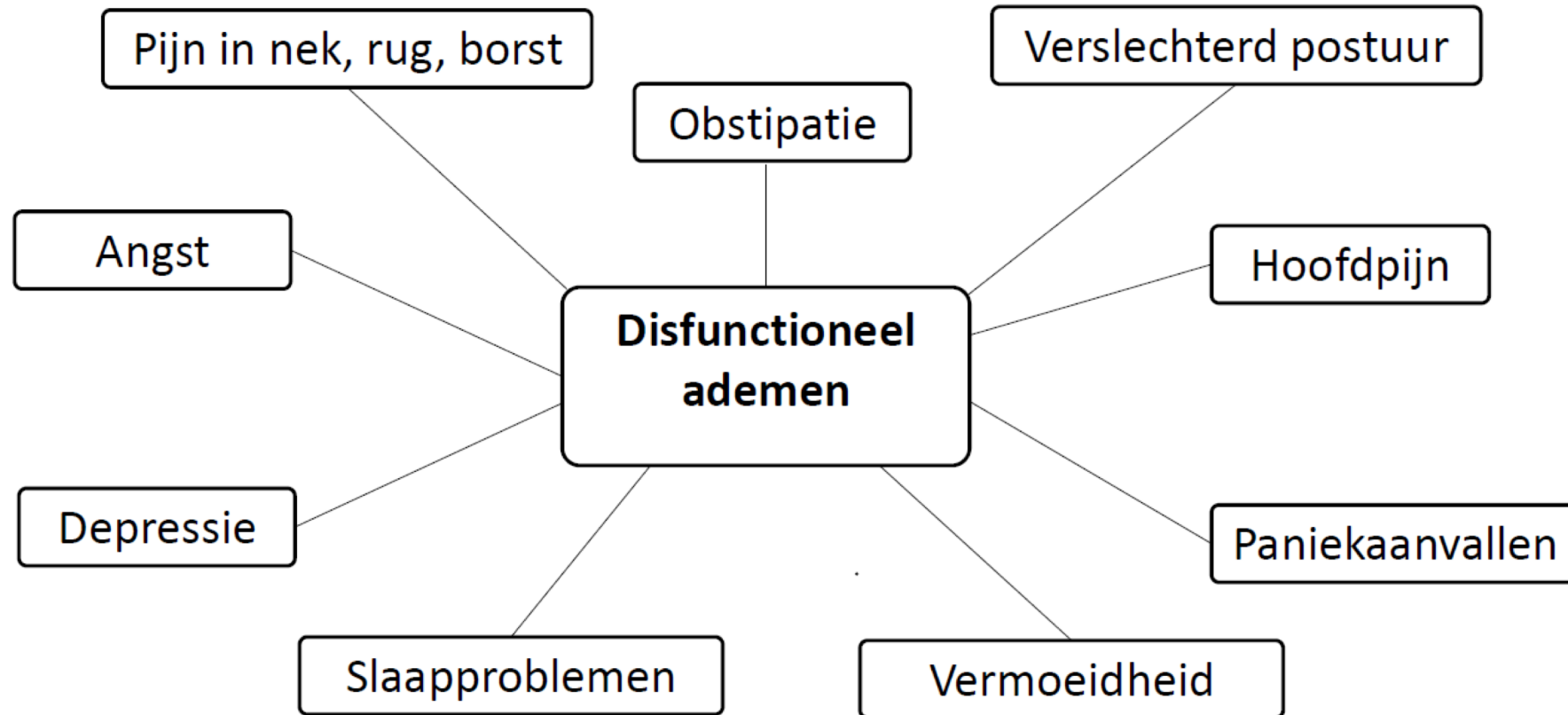
Ziektemechanismen kunnen ook ademvigilantie veroorzaken.

Symptomen

Scala van klachten bij disfunctioneel ademen:

- 1. Borstkas gerelateerde klachten:** Variërend van kortademigheid, een benauwd strak gevoel op de borst, pijn en steken op de borst, de ademt stukt, chest tightness, kuchen en geeuwen.
Dit zijn voornamelijk respiratoire klachten.
- 2. Non-respiratoire klachten:** Hieronder vallen hoofdpijn, duizeligheid, tintelingen, krampen, buikpijn, angst, hartkloppingen, syndroom van Tietze en chronische vermoeidheid.
Niet alle symptomen zijn tegelijkertijd aanwezig.
- 3. Wisselend optreden van klachten:** De klachten kunnen zowel in rust als bij inspanning optreden, wat vaak veel onzekerheid veroorzaakt bij de persoon die lijdt aan disfunctioneel ademen.

Disfunctioneel ademen



Functioneel versus disfunctioneel ademen

- **Disfunctioneel ademen:**
 - Hyperventilatie (low CO₂)
 - Mond ademen
 - Sterno-costaal (borst) adempatroon
 - Geen bevredigende diepe ademteug kunnen nemen
 - Onverklaarbare discomfort bij het ademen
 - Combinatie van bovengenoemde factoren

- **Functioneel ademen heeft de volgende eigenschappen:**
 - 1. Efficiënt
 - 2. Aangepast
 - 3. Gepast/geschikt voor de activiteit
 - 4. Responsief
 - 5. Ondersteunend

Disfunctioneel ademen = DA

Praktijk: aan de slag

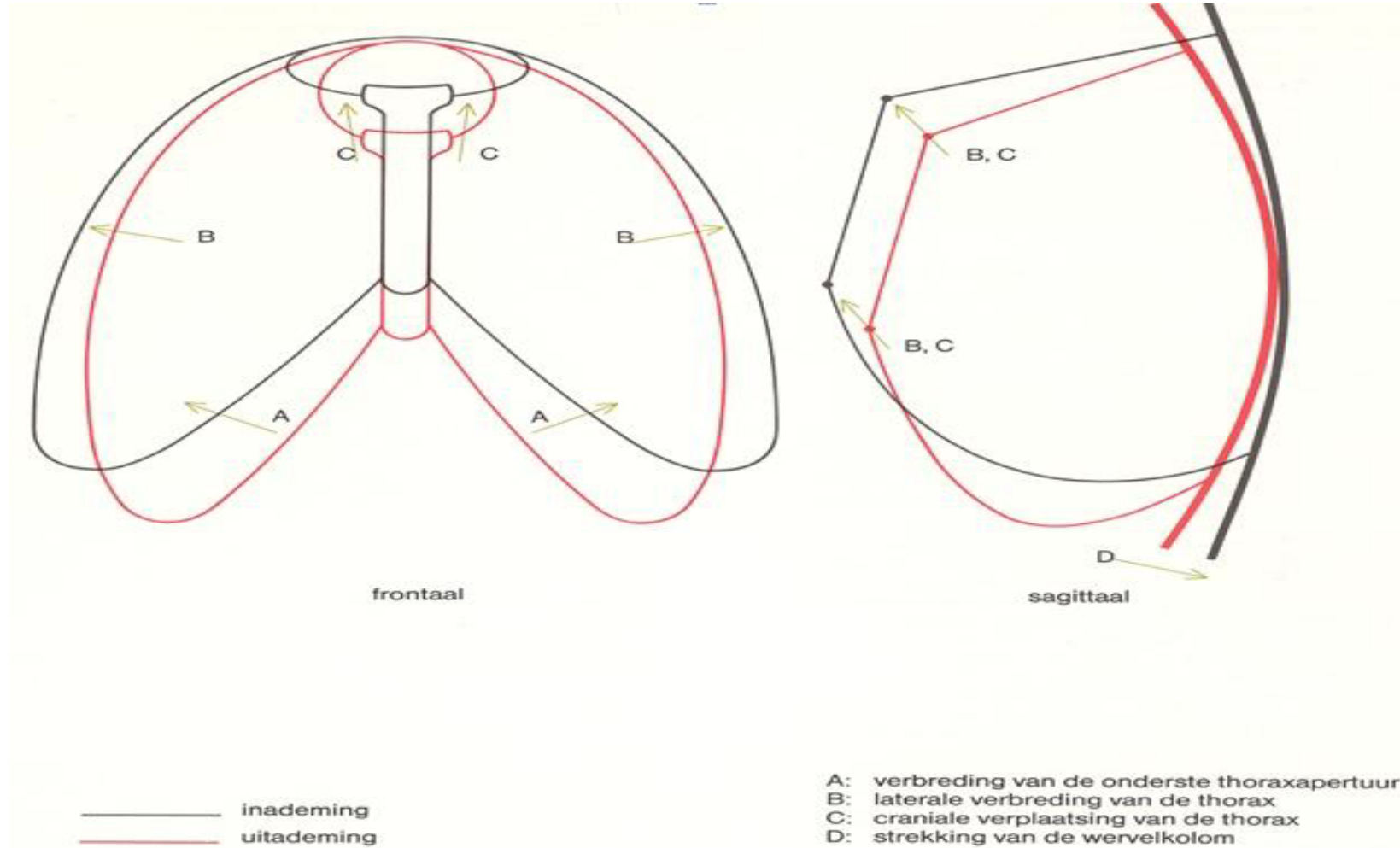
Inspectie adempatroon

- **Uitgesproken ontregeld adempatroon:** Personen doen veel moeite om te ademen maar weten niet meer hoe ze normaal kunnen ademen.
- **Hoge ademfrequentie in rust:** De ademfrequentie is hoger dan normaal in rust en neemt verder toe bij inspanning.
- **Geen adempauze na expiratie:** Na het uitademen volgt geen pauze voordat de volgende inademing begint.
- **Thoracaal adempatroon:** Er is voornamelijk sprake van ademhalen via de borstkas, met onvoldoende activiteit van het diafragma.
- **Korte inspiratietijd:** De tijd besteed aan het inademen is kort.
- **Mond ademen:** De gewoonte om door de mond te ademen in plaats van door de neus.
- **Kenmerkende ademstops tijdens bewegingen:** Tijdens het maken van bewegingen kunnen ademstops optreden, gevolgd door ongecontroleerd intensief ademen.

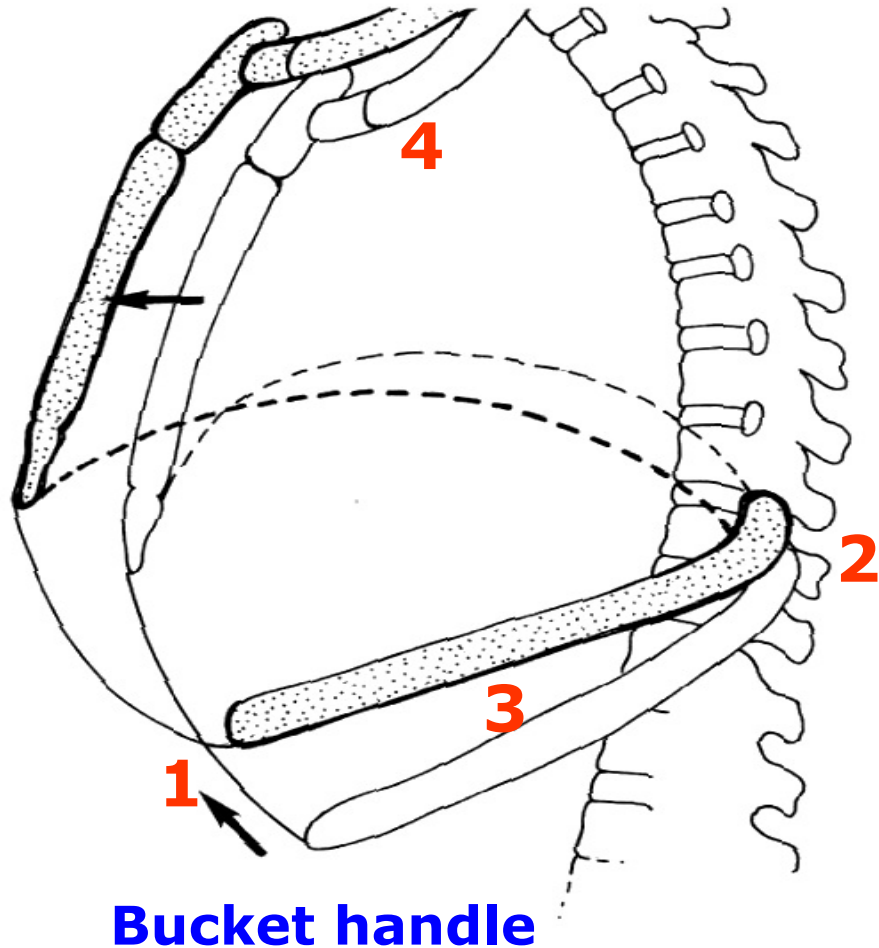
Observatie en meten

- Pursed lip breathing (PLB)
- Trachea dip (1 ½ vinger i.p.v. 3-4)
- Intrekkingen supraclaviculair
- Cyanose neus, lippen, vingers etc
- Trommelstok vingers / Clubbing
- Pumphandle: URC = Upper rib cage
- Buckethandle : LRC = Lower rib cage

Kinematica ribben



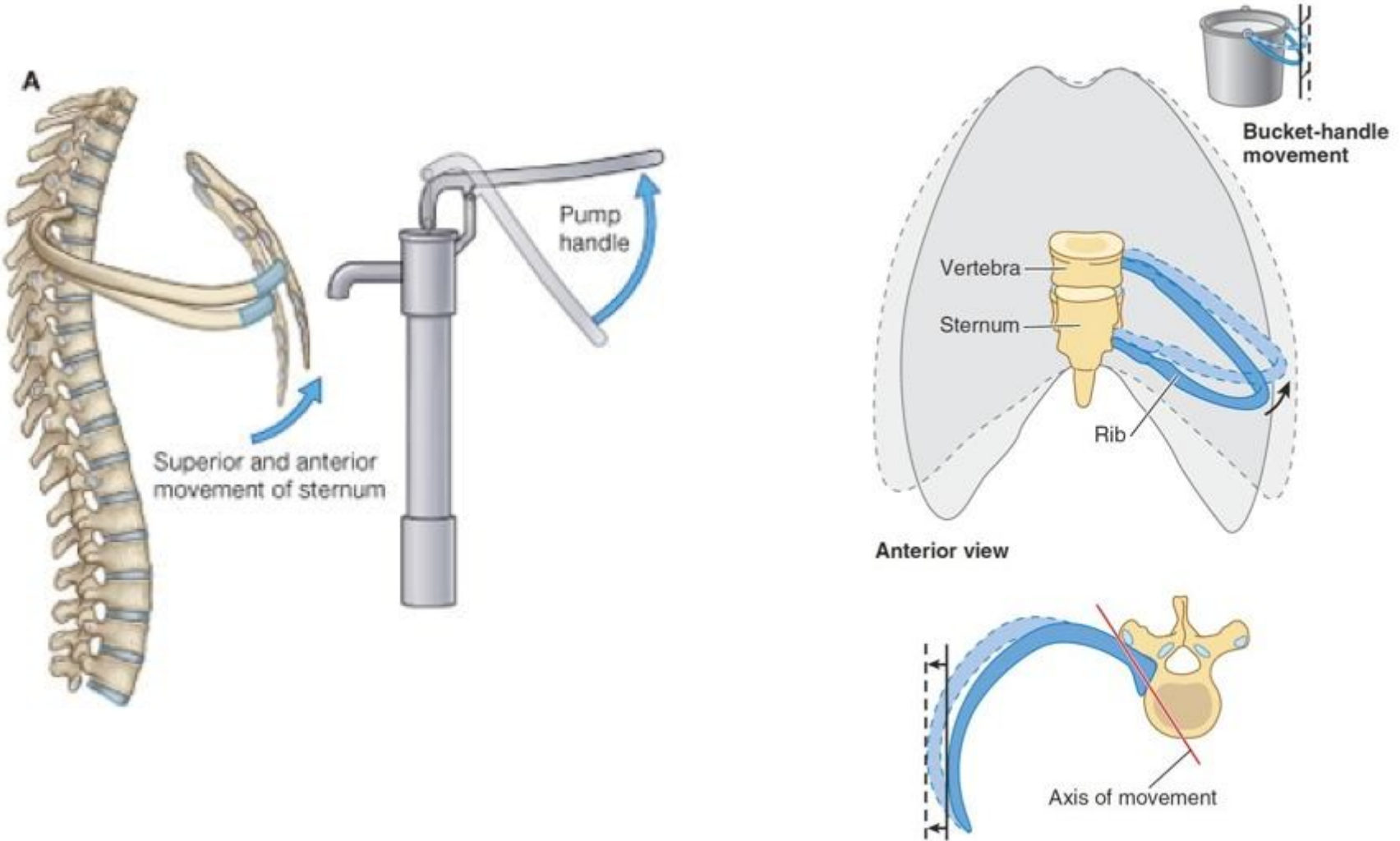
Pump handle



Toename inhoud thorax bij inspiratie.
= toename diameter (doorsnede)
van de thorax

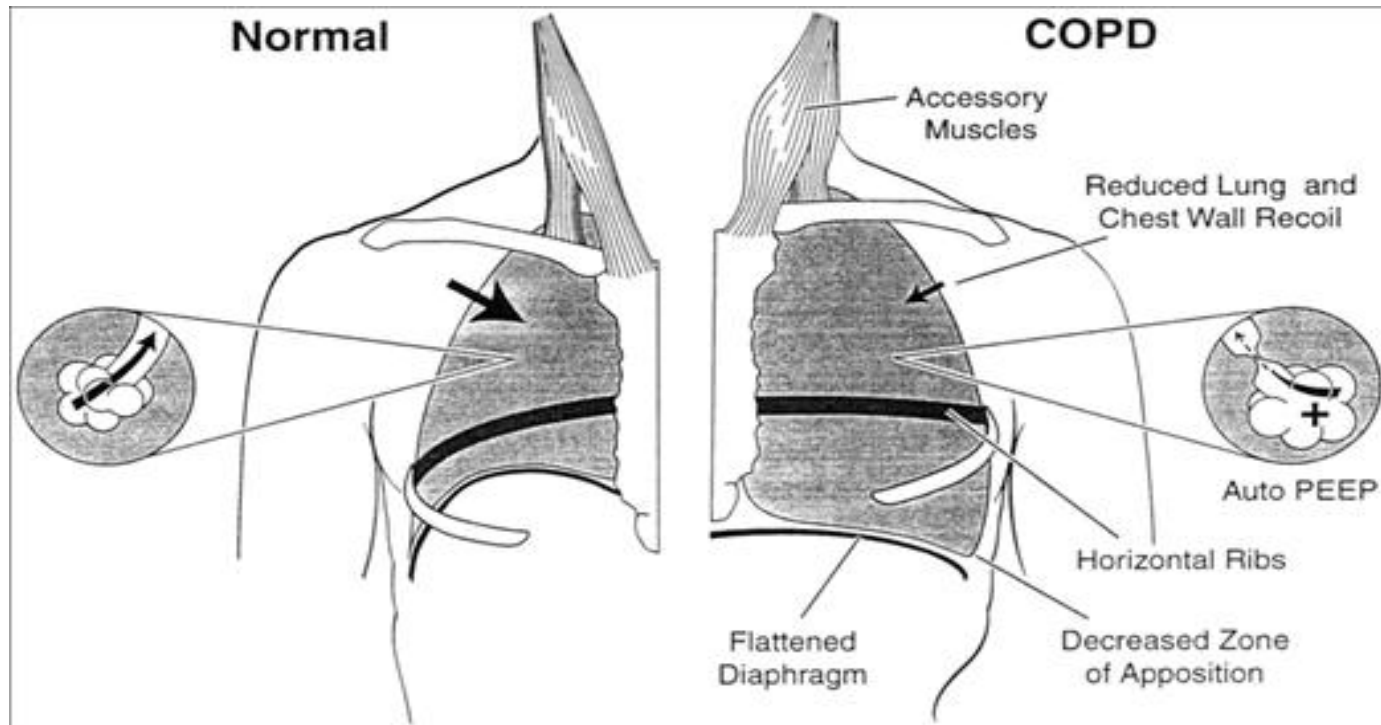
- 1** ribben bewegen mee omhoog
- 2** draaipunt bij ruggenwervels
(costovertebrale verbinding &
sternocostale verbinding van bovenste ribben)
- 3** onderste ribben bewegen
o.i.v. mm. intercostalis interni (parasternale
intercostale
musculatuur)
- 4** bovenste ribben bewegen
o.i.v. mm. scaleni

Kinematica ribben



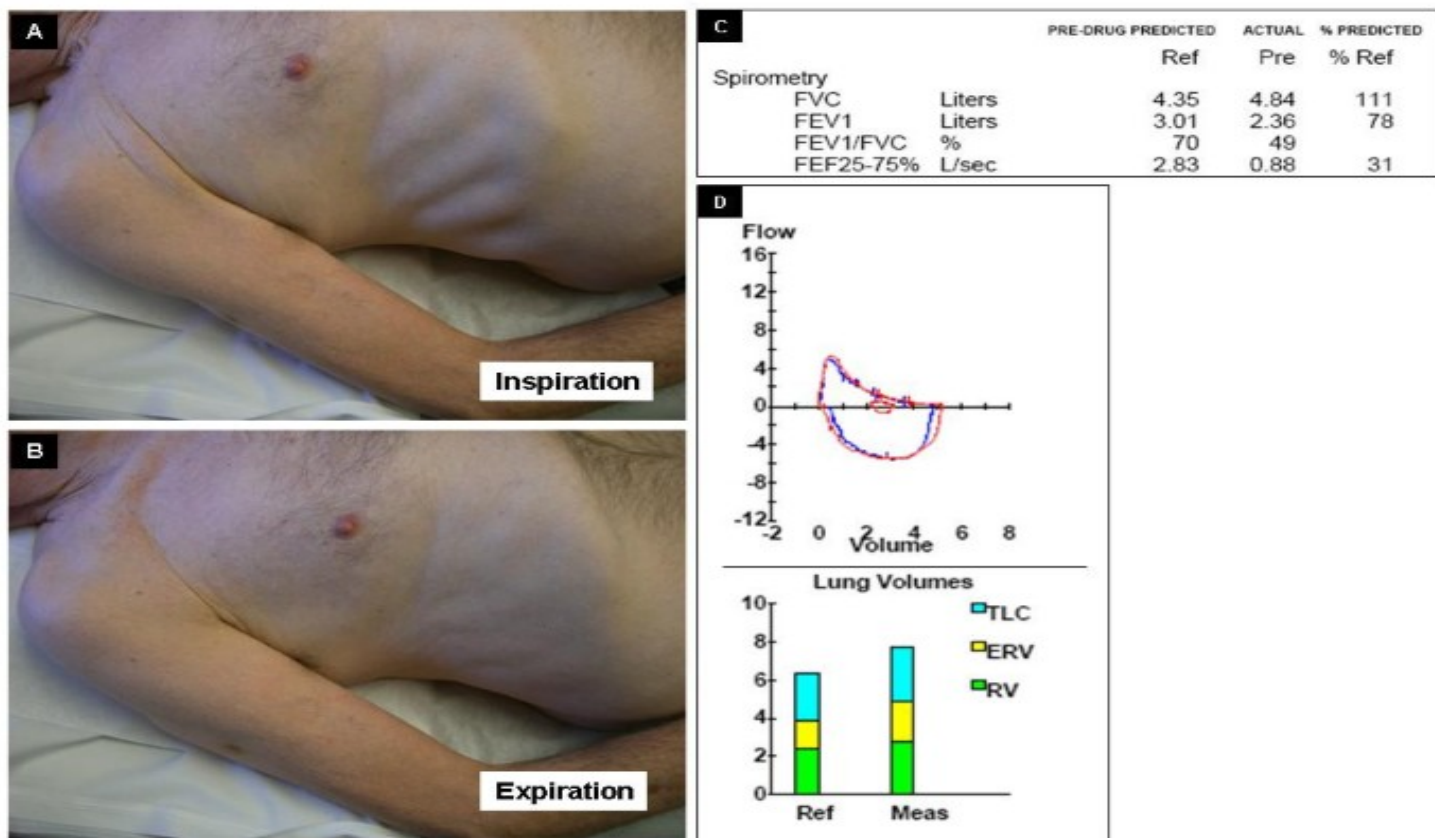
Hooversign

Pathologische ademhaling: eindstadium COPD, contra-indicatie voor buikademhaling!



Hooversign

Pathologische ademhaling: eindstadium COPD, dyspnoe, relatie met aantal exacerbaties en (relatieve) contra-indicatie voor buikademhaling: diafragma fungeert als expiratie spier!!



Nijmeegse vragenlijst

Anamnese: Ervaren klachten?

Nijmeegse Vragenlijst

Instructie:

Kruis voor elke vraag aan of u deze klachten nooit, zelden, soms, vaak of zeer vaak hebt of hebt gehad.

	Nooit	Zelden	Soms	Vaak	Heel vaak
1 Pijnlijke steken in de borst					
2 Gespannenheid					
3 Een waas voor de ogen					
4 Duizeligheid					
5 In de war zijn, of het gevoel hebben het normale contact met de omgeving te verliezen					
6 Een snellere of diepere ademhaling					
7 Ademnood					
8 Benauwd voelen in of rond de borst					
9 Opgeblazen gevoel in de buik					
10 Tintelingen in de vingers					
11 Niet voldoende diep kunnen doorademen					
12 Stijfheid van vingers of armen					
13 Stijfheid rond de mond					
14 Koude handen of voeten					
15 Bonzen van het hart					
16 Angstig gevoel					
Subtotalen					
Totaal					

Waardering:

Nooit	=	0 punten
Zelden	=	1 punt
Soms	=	2 punten
Vaak	=	3 punten
Heel vaak	=	4 punten

Score:

18 punten of meer: hyperventilatie is mogelijk, hoe hoger de score, hoe waarschijnlijker de diagnose

Vanaf 23 punten: hyperventilatie is voor 80 % zeker

- De Nijmeegse Vragenlijst (NVL)= Maat voor ‘functionele ademklachten’.
- Meest voorkomende klachten bij een disfunctionele ademhaling (voor 2000 HVS genoemd)
- Kortademigheid (7-items), perifere tetanie (4-items), centrale tetanie (5-items)
- Tijd van Adem Inhouden: $r = -0,65$; Ademfrequentie: $r = 0,66$; CO_2 -meting: $r = -0,77$; Dyspnoe: $r = 0,58-0,59$
- Sensitiviteit= 91% en Specificiteit= 95%
 - Score >23 is ‘cut-off value’ voor hyperventilatie
 - Score ≥ 19 differentieert (inspanningsgebonden) hyperventilatie patiënten van “normale” personen.

Observatie adempatroon

Brompton Breathing Pattern Assessment Tool (BPAT)

- 5-minuten voor de beoordeling rustig zitten op een stoel,
- Tel ademfrequentie en observeer adempatroon gedurende 1-minuut,
- Scoor vervolgens onderstaande tabel.

	0	1	2
Abdominal or upper chest movement: Where is movement occurring in tidal volume breathing at rest?	Abdominal (Diaphragm level and below)	Combination (Movement in both upper chest and abdomen)	Apical (Upper chest rises and falls with each breath)
Inspiratory flow Do they have increased inspiratory flow? This would be indicated by an <u>audible</u> breath IN through either nose or mouth and includes any type of wheeze.	Silent	Audible	Loud
Expiratory flow Do they have increased expiratory flow? This would be indicated by an <u>audible</u> breath OUT through either nose or mouth and includes any type of wheeze.	Silent	Audible	Loud
Channel of inspiration and expiration Are they breathing through their; nose, mouth or a combination of both during the minute assessed?	Nose (with their mouth closed throughout the minute assessed)	Nose and mouth (During the minute some breaths are through their nose and some through their	Mouth (Breathing with mouth open throughout)



Observatie adempatroon

Air hunger During the minute assessed is the patient showing signs of air hunger. This includes yawning, sighing or taking a deeper breath than their tidal breaths?	None	Once per minute	Twice or more times per minute
Respiratory Rate What is their respiratory rate in the minute assessed? TOTAL RR	12 or less	13-25	25+
Rhythm Are their breaths evenly spaced throughout the minute? Do they appear regular and rhythmical?	Rhythmical		Erratic
Scoring	0	1	2
Score for each column			
		TOTAL SCORE	

Copyright © 2017 Royal Brompton and Harefield NHS Foundation Trust

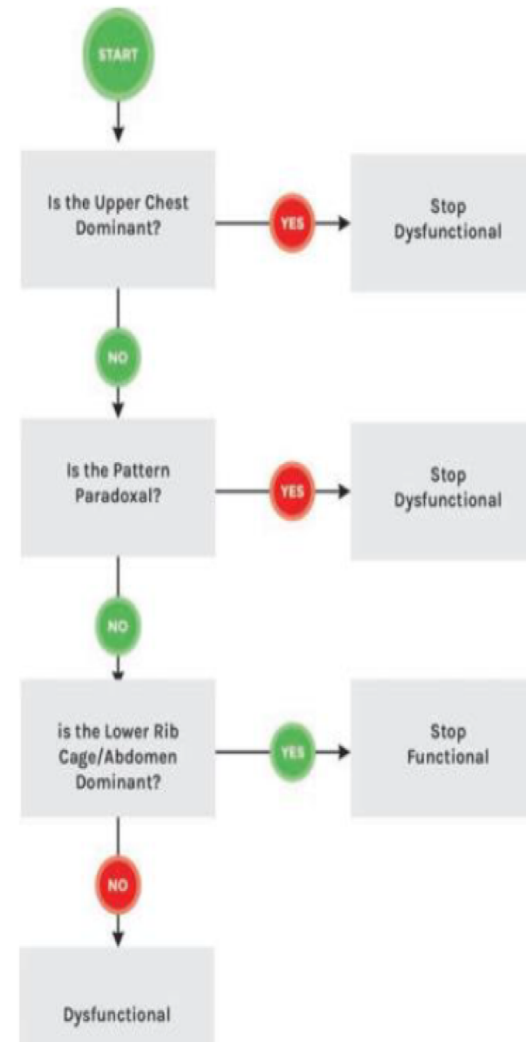
Score ≥ 4, indicative of breathing pattern irregularities with a sensitivity of 92%.

De HI-LO breathing assessment

Demonstration



Assessment



Manual Assessment Respiratory Motion = MARM

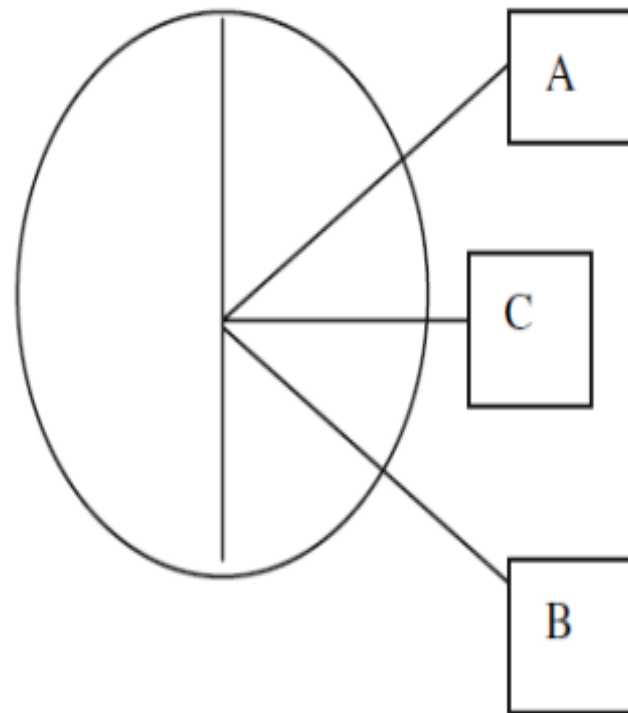


Fig. 1 The MARM graphic notation

Hand Position



A: Duim op processus spinosis: Verticale beweging?

B: Vingers intercostaal: Ribspreiding ?

C: Pink op cristarand.

Body Oxygen level test: BOLT.

Breath Hold Time: BHT

BOLT: CO₂ (in)tolerantie

Uitvoering:

Ontspannen zitten / liggen met rustige ademhaling

Na expiratie neus en mond dicht

Timer aanzetten

Meet de tijd tot de eerste aandrang om te ademen volgt (middenrif, buikspieren, keel) = BHT

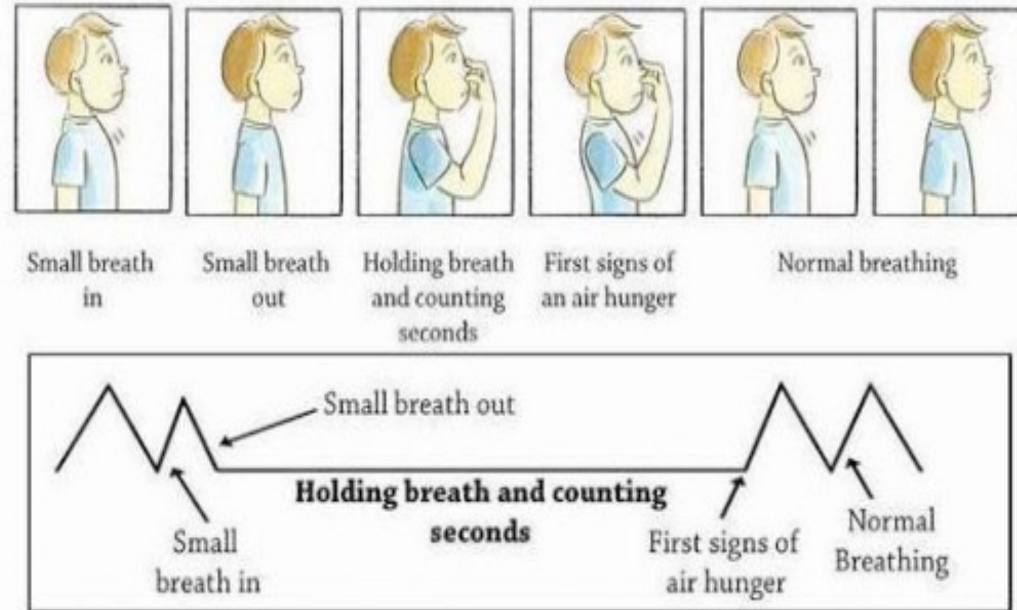
Interpretatie:

< 10 sec lage CO₂ tolerantie

10-20 sec: effect op slaap, concentratie of energie?

20 sec: goed, fysieke prestaties?

40 sec: ideale gezonde situatie bij volwassenen



Indicaties ademtherapie

Nijmeegse vragenlijst > 22 punten en
Afwijkend adempatroon BPAT > 4 punten en
Lage BOLT score < 25 sec

En verminderde ademspierkracht, zie tabel

Table S4. Absolute maximal inspiratory pressure (P_Imax) values obtained at residual volume associated with “higher” likelihood of inspiratory muscle weakness, by sex and age

Age (yrs)	P _I max (cmH ₂ O)	
	Men ⁺	Women ⁺
< 40	63	58
40-60	55	50
61-80	47	43
> 80	42	38

* n = 164 (< 40 y), 302 (40-60 y), 365 (61-80 y), and 35 (> 80 y). ⁺ n = 140 (< 40 y), 293 (40-60 y), 387 (61-80 y), and 43 (> 80 y). From Rodrigues et al. [22]

Praktisch

Voordat disfunctioneel ademen adequaat kan worden aangepakt, moet eerst een eventuele onderliggende diagnose optimaal worden behandeld.

Een (gespecialiseerde) fysiotherapeut kan de patiënt leren om anders te ademen door hem of haar te laten voelen en zien hoe "goed" en "verkeerd" ademen aanvoelt. De patiënt moet dagelijks oefenen met deze aanwijzingen.

Uiteindelijk wil je een natuurlijke en ontspannen ademhaling in de dagelijkse activiteiten (ADL) en tijdens inspanning integreren.

Elementen

Educatie staat voorop → tip, maak dit interactief/ laat de pt ook “werken”

Ontspannen beginnen, bewustzijn vergroten.

Kortom voorwaarden creëren. Dit kan met diverse oefeningen zoals:

- Hartcoherentie → *HrV bij COPD-ers is laag!*
- PLB
- Ontspanningsoefeningen (...er zijn er zoveel?!)
- Mindfulness
- Van Dixhoorn methode
- Vanuit rust en aandacht bewegingen maken die gekoppeld worden aan de adem.
- Bewegingen koppelen aan de in- en uitademing.

Praktisch

Situatie 1: Wat doe je in het begin bij disfunctioneel ademen?

Situatie 2: Hoe breid je de normale ademhaling uit?

Situatie 3: Hoe pas je ademhalingstechnieken toe bij inspanning?

Algemene principes adem (regulatie) training

- Stimuleer neusademhaling
- Verlaag ademfrequentie, minder dode ruimte ventilatie
- Stimuleer complete (passieve) expiratie
- Reduce overall ventilation
- Stimuleer diafragmaal adempatroon
- Train inspiratie spieren

- Toepassen bij casuïstiek
- Stimuleer houdingscorrectie
- Stimuleer gebruik juiste voeding
- Stimuleer gebruik biofeedback, wearables

Diafragmaal ademen

- **Doel**
- Een goede houding maakt efficiënte ademhaling mogelijk en voorkomt compensatie door hulpademhalingspijeren.
- **Uitvoering**
- Zorg voor voldoende ruimte in de borstkas door een rechte zithouding.
- Visualiseer een denkbeeldig touwtje aan de kruin dat je naar boven trekt; kin licht ingetrokken.
- Plaats handen op de onderrug om bewust ruimte in de borst te voelen.
- Zit vooraan op de stoel zodat het diafragma vrij kan bewegen. Zorg dat de knieën boven de voeten staan.



Diafragmaal ademen

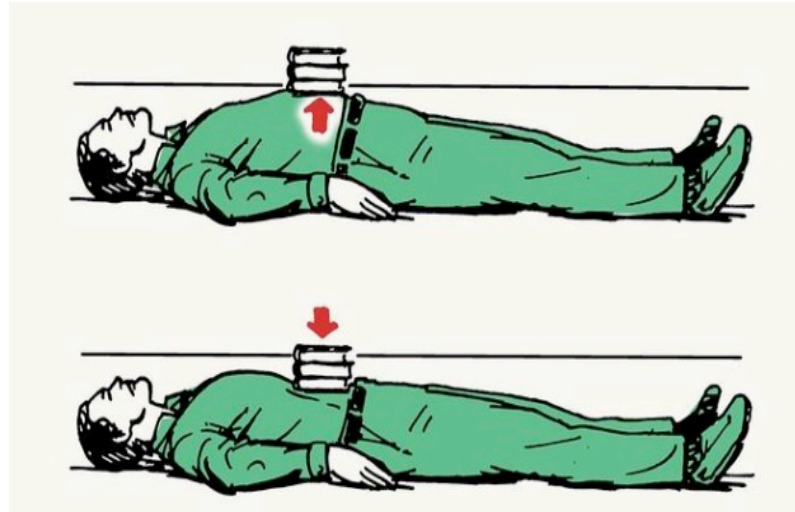
- **Ontspannen van de buik**
- **Doel:** Het bevorderen van een ontspannen diafragmatische ademhaling door overmatige buikspierspanning te verminderen.
- **Uitvoering**
- Adem iets dieper uit en span kort de buikspieren aan (alsof je een ballon opblaast).
- Laat de buik bewust los en herhaal dit meerdere keren.
- Koppel de oefening aan een dagelijkse handeling (bijv. een kop thee of koffie) om een routine te creëren.



Diafragmaal ademen

Variant

- Ga ontspannen liggen en plaats een voorwerp op de buik.
- Bij inademing: til het gewicht zachtjes op.
- Bij uitademing: laat het gewicht vanzelf zakken.



Diafragmaal ademen

- Massage diafragma.
- **Uitvoering**
- Plaats de duimen of vingers net onder de ribbenboog en druk zachtjes richting diafragma.
- Masseer met gebogen vingers onder de ribbenkast.
- Let goed op:
- Te veel pijn = te hard drukken, Geen effect = te zacht masseren.
- Blijf weg van de middellijn (fascia-lijn van kin tot kruis).
- Masseer 2–5 minuten.
- **Effect** Een soepel diafragma ondersteunt een ontspannen ademhaling en betere algehele gezondheid.



Diafragmaal ademen

- **Rekken van de borst**
- **Doel:** De borstkas oprekken om de ademhaling rustiger en dieper te maken.
- **Uitvoering**
- Kniel op een mat, houd de handen tegen de billen.
- Breng de romp naar voren, hoofd richting de grond.
- Kom vervolgens langzaam naar achteren en breng het hoofd geleidelijk naar achteren.
- Span tijdens de hele oefening de bilspieren aan ter ondersteuning van de onderrug.
- Herhaal meerdere keren.



Oefeningen: Thorax mobiliteit



Band Pull-Apart



Thoracic Wall Rotations



Spiderman Lunge



Side Bend



Thoracic Extension
(Bench)



Side Openings



Thoracic Extension
(Roller)



Cat Cows



Rear Plank Bridge

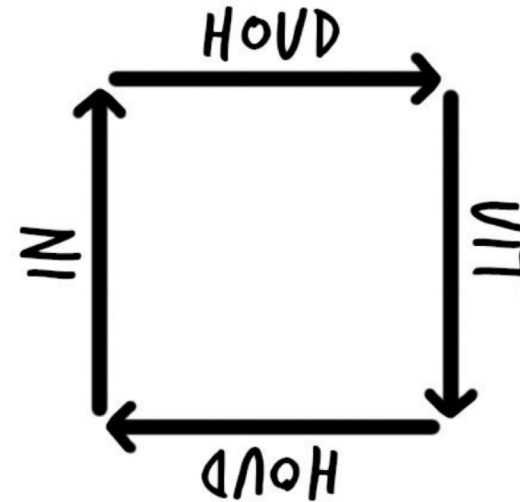
Ademoefeningen

- Box Breathing (parasympatisch)

1. Zit rechtop met voeten op de grond
2. Adem 4 tellen in door de neus
3. Houd 4 tellen vast
4. Adem in 4 tellen uit
5. Houd opnieuw 4 tellen vast

Herhaal dit patroon 10 keer

Doel: ontspanning, stress verlagend en concentratie op ademen

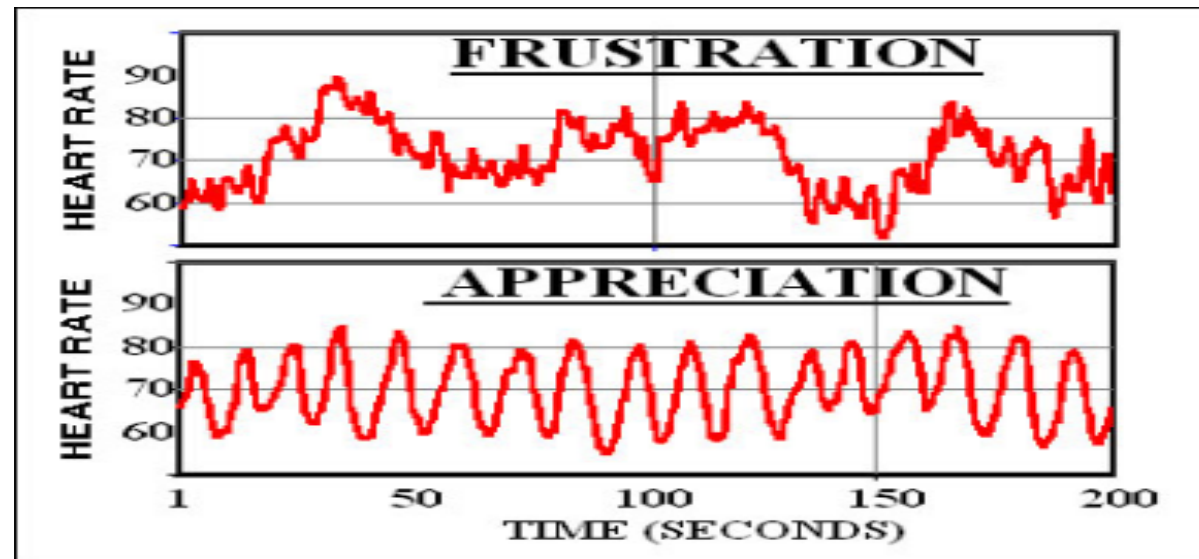


Ademoefeningen

- Hartcoherentie

1. Adem 5 tellen in en 5 tellen uit (6 ademhalingen per minuut).
2. Houd dit tempo 5 tot 10 minuten vol
3. Richt je aandacht op positieve emoties

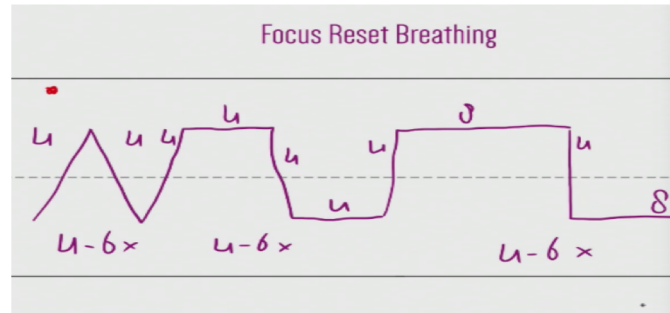
Doel: ontspanning en vermindering stress



Ademoefeningen

- Focus reset Breathing (sympatisch / parasympatisch)
1. Adem 4 tellen in en 4 tellen uit (4-6 herhalingen)
 2. Adem 4 tellen in, 4 tellen vast en 4 tellen uit (4-6 herhalingen)
 3. Adem 4 tellen in, 8 tellen vast en 4 tellen uit en 8 tellen vast (4-6 herhalingen)

Doel: ontspanning, vermindering stress, ademregulatie.



Ademoefeningen

- **Expansieve ademhaling**
- **Doel**
- Het middenrif en longweefsel oprekken door maximale in- en uitademing. Dit bevordert de elasticiteit en ventilatie van de onderste longvelden.
- **Uitvoering**
- Adem maximaal in (buik – ribben – borst – schouders).
- Adem volledig uit en buig voorover om met de buikspieren nog meer lucht uit te persen.
- Variant: na de volledige uitademing, kom overeind met de armen omhoog, strek helemaal uit. Dit rekt de aanhechtingen van het diafragma.

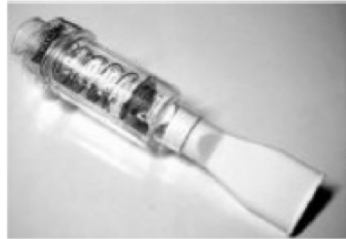
Ademoefeningen

Download de Awesome Breathing app

PI Max meting

Pressure Threshold Loading

- Flow independent resistance to inspiration
- Combination of moderate flow rate and moderate pressure rate possible



Threshold IMT

POWERbreathe



AiroFIT

ActiBreathe

Download de ActiBreathe app uit de app store, stel deze in.

Patienten kunnen de app zelf downloaden

Dan test uitvoeren met Powerbreathe Smart Adapter

Dan trainen met de Powerbreathe Medic Plus

www.trainjelongen.nl

PI max meting

Toepassing

- COPD
- Post-COVID
- Cystic fibrosis
- Preoperatief
- Hartfalen
- Sport
- Disfunctioneel adempatroon



PI max meting

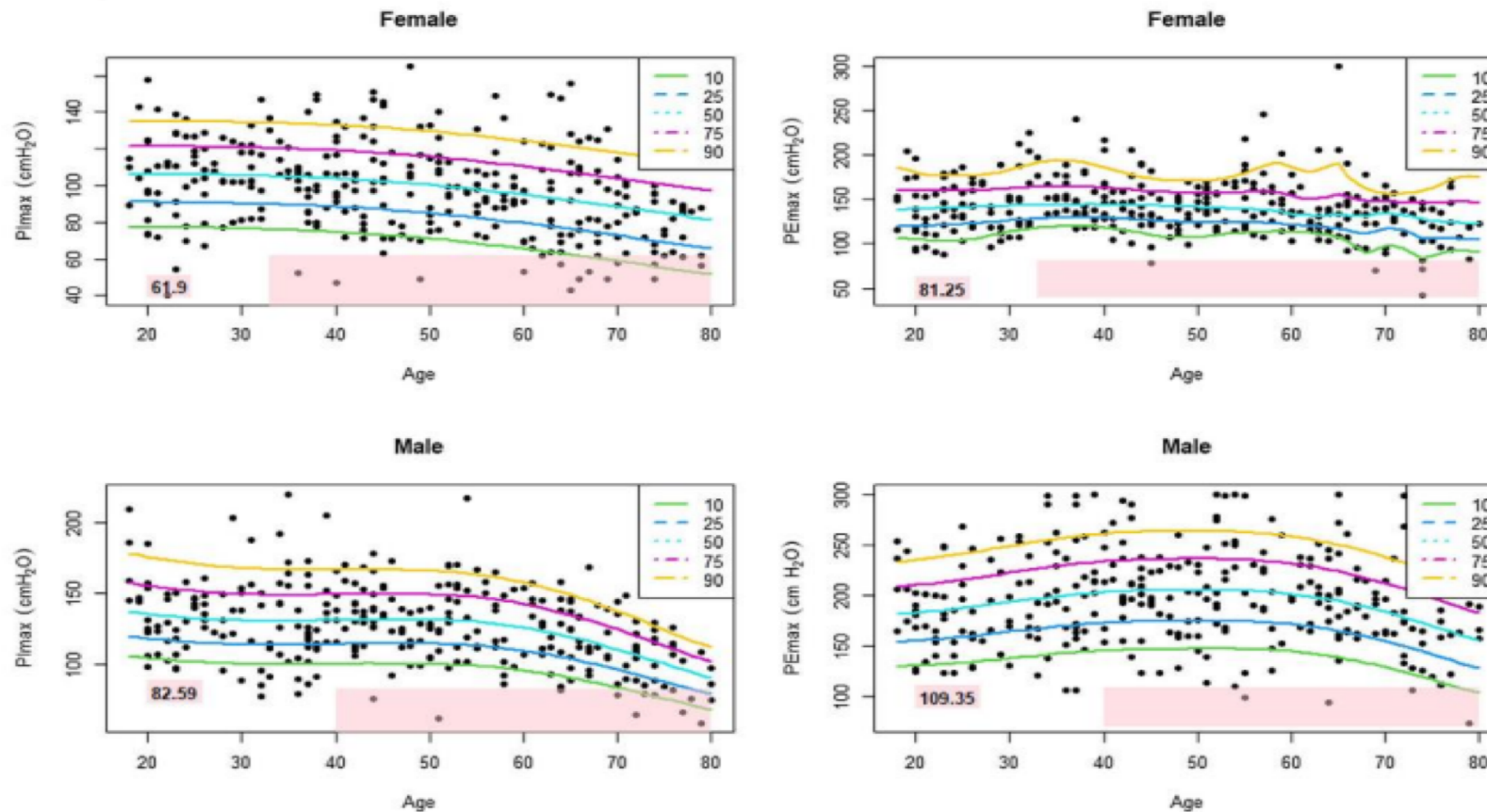
(Indicatie) ademspiertraining

- Ademspierfunctie $\downarrow < 60\%_{\text{pred.}}$ ($< 62 \text{ cm H}_2\text{O}$)
 - Symptomen:
 - dyspnoe
 - hypercapnie
 - Inspanningsintolerantie
-
- Contraction characteristics (e.g. velocity, strenght)
 - Neuromuscular coördination
 - Metabolic requirements
-

PI Max afkapwaarden

Ademspierzwakte

ARCHIVOS DE BRONCONEUMOLOGIA 59 (2023) 813-820



g. 3. The centile curves of maximal respiratory pressures for females and males are shown. Cut-offs defining respiratory muscles weakness based on T-scores of ≥ 2.5 and standard deviation below the average peak values in females and males are offered.

FITT criteria

FITT-factoren Inspiratory Muscle Training

- Frequentie: Start met 2 – 3x p/d (onderhoud 3-5 d/w)
- Intensiteit: 30% P_i -max (high speed/low-resistance)
60% P_i -max (high-resistance/low speed)
- Tijd: 2 x 15 min p/d (30% P_i -max: $RM_{endurance}$)
2x p/d 30 inhalaties (60% P_i -max: $RM_{strenght}$)
- Type: Isocapnisch hyperpnea
Resistive trainers
Pressure threshold trainers

Effecten

Trainingseffecten RMT

- Kracht ↑
 - PI_{max} ↑ 8% - 45% (dosis-respons)
- Uithoudingsvermogen ↑
 - Proportie type-I vezels 38% ↑ en dwarsdoorsnede type-II vezels 21% ↑ (ext. intercostal musc.)
- Effect RM training op lichamelijke inspanning (Time trials)
- Overcapaciteit
 - exercise-induced diaphragm fatigue
 - redistributie cardiac output ↑
 - metabole bij-producten ↓