

Over het nut van ademspiertraining in een fysiotherapeutische setting

Erik Hulzebos

Dr. H.J. Hulzebos, klinisch inspanningsfysioloog, (sport)fysiotherapeut, Universitair Medisch Centrum Utrecht, divisie Kindergeneeskunde, afdeling Kinderbewegingscentrum, e-mail: h.hulzebos@umcutrecht.nl

Samenvatting

Nog veel (para)medici onderschatten het belang van een goed getraind ademhalingssysteem. Intussen hebben verschillende wetenschappelijke studies dat belang bewezen en laten zien dat het ademhalingssysteem wel degelijk een beperking kan vormen. Het gericht trainen van de ademhalingspijpen kan zelfs prestatiebevorderend werken. Ook in de klinische setting wordt de betekenis van ademspierdisfunctie steeds meer onderkend. In dit artikel worden de algemeen geldende principes van en hypothesen over ademspiertraining beschreven en wordt het mogelijke (trainings)effect verklaard. Tevens wordt in het kort beschreven hoe de ademhalingspijpen gericht te trainen zijn met verschillende trainingsmodaliteiten, zowel in de sport als in de revalidatiesetting.

Leerdoelen

Na het bestuderen van dit artikel:

- ▶ hebt u kennis van het werkingsmechanisme van en hypothesen over ademspiertraining;
- ▶ kent u de mogelijke trainingseffecten van ademspiertraining;
- ▶ bent u in staat een ademspiertrainingsprogramma op te stellen aan de hand van de FITT-factoren.

Inleiding

Het belang van een goed getraind en efficiënt ademhalingssysteem wordt nog vaak onderschat door veel (para)medici. De algemene gedachte leeft nog dat het ademhalingssysteem geen limiterende factor is voor lichamelijke inspanning en prestaties. Intussen hebben

verschillende wetenschappelijke studies het tegendeel bewezen en laten zien dat het ademhalingssysteem wel degelijk een beperking kan vormen. Sterker nog, het gericht trainen van de ademhalingspijpen kan prestatiebevorderend werken.

Ook in de klinische setting wordt de betekenis van ademspierdisfunctie steeds meer onderkend. Niet alleen bij patiënten met respiratoire aandoeningen, zoals COPD en cystic fibrosis, maar ook bij patiënten met chronisch hartfalen, neuromusculaire aandoeningen en pulmonale hoogrisicopatiënten voor een operatie, heeft respiratoire spierzwakte klinische consequenties zoals kortademigheid, verminderd inspanningsvermogen, ineffectief hoesten, postoperatieve pulmonale complicaties en bemoeilijkte ontwenning van beademing.

In dit artikel worden de algemeen geldende principes van en hypothesen over ademspiertraining beschreven en wordt het mogelijke (trainings)effect verklaard. Tevens wordt in het kort beschreven hoe de ademhalingspijpen gericht te trainen zijn met verschillende trainingsmodaliteiten, zowel in de sport als in de revalidatiesetting.

Rationale achter ademspiertraining

In de huidige fysiologische handboeken wordt nog steeds gesteld dat de ademhaling bij gezonde mensen, en zeker bij sporters, geen limiterende factor vormt voor lichamelijke inspanning en prestaties, immers:

- het zuurstoftransportsysteem wordt gelimiteerd door het hartminuutvolume en niet door de gasuitwisseling (ventilatie en perfusie) in de longen;
- de longfunctie van gezonde personen heeft een overcapaciteit;
- de ademspieren zijn goed ontwikkeld en kunnen bij normale trainingsomvang hun taak gemakkelijk aan.

Deze argumenten staan al jaren aan de basis van de overtuiging dat de ademhalingsspieren geen extra training nodig hebben en dat extra training van de ademhalingsspieren geen invloed heeft op de lichamelijke prestaties. Over de eerste twee argumenten kunnen we in dit artikel kort zijn omdat hier, fysiologisch gezien, geen speld tussen te krijgen is. Over het derde argument valt echter nog een hoop te schrijven en te discussiëren.

Ademhalingsspieren

De ademhalingsspieren leveren, net als alle andere skeletspieren, arbeid en die arbeid heeft metabole en neurologische consequenties. De spieren die we gebruiken bij het inademen zijn vooral het diafragma en de intercostale musculatuur (mm. intercostales externi) en, afhankelijk van de belasting en techniek, ook de zogenaamde hulpademhalingsspieren in de hals, schouder en nek (mm. scalenii, m. sternocleidomastoideus, m. trapezius en de extensoren van rug en nek). De arbeid die deze spieren leveren bij het inademen kost energie en dus een bepaalde hoeveelheid zuurstof. Er hangt dus een metabool 'prijskaartje' aan de mechanische kant van de ademhaling. Dit prijskaartje kan behoorlijk oplopen. In rust wordt ongeveer 6 liter lucht per minuut ingeademd, het ademminuutvolume (AMV), maar bij inspanning kan dit toenemen tot wel 200 liter lucht per minuut, dus een exponentiële toename van de ventilatie, tot 25 à 30 keer zo groot als de ventilatie in rust!¹ Dit betekent dat de zuurstofopname en het zuurstofverbruik van de ademhalingsspieren hetzelfde patroon volgen. In rust is de zuurstofopname van de ademspieren namelijk 1 tot 2 procent van de totale zuurstofopname (VO_{2max}), maar bij inspanning kan die oplopen tot wel 10 à 20 procent van de VO_{2max} . Bij patiënten met een obstructief longbeeld (COPD) en hartfalen tot zelfs wel 40 procent van de VO_{2max} .²

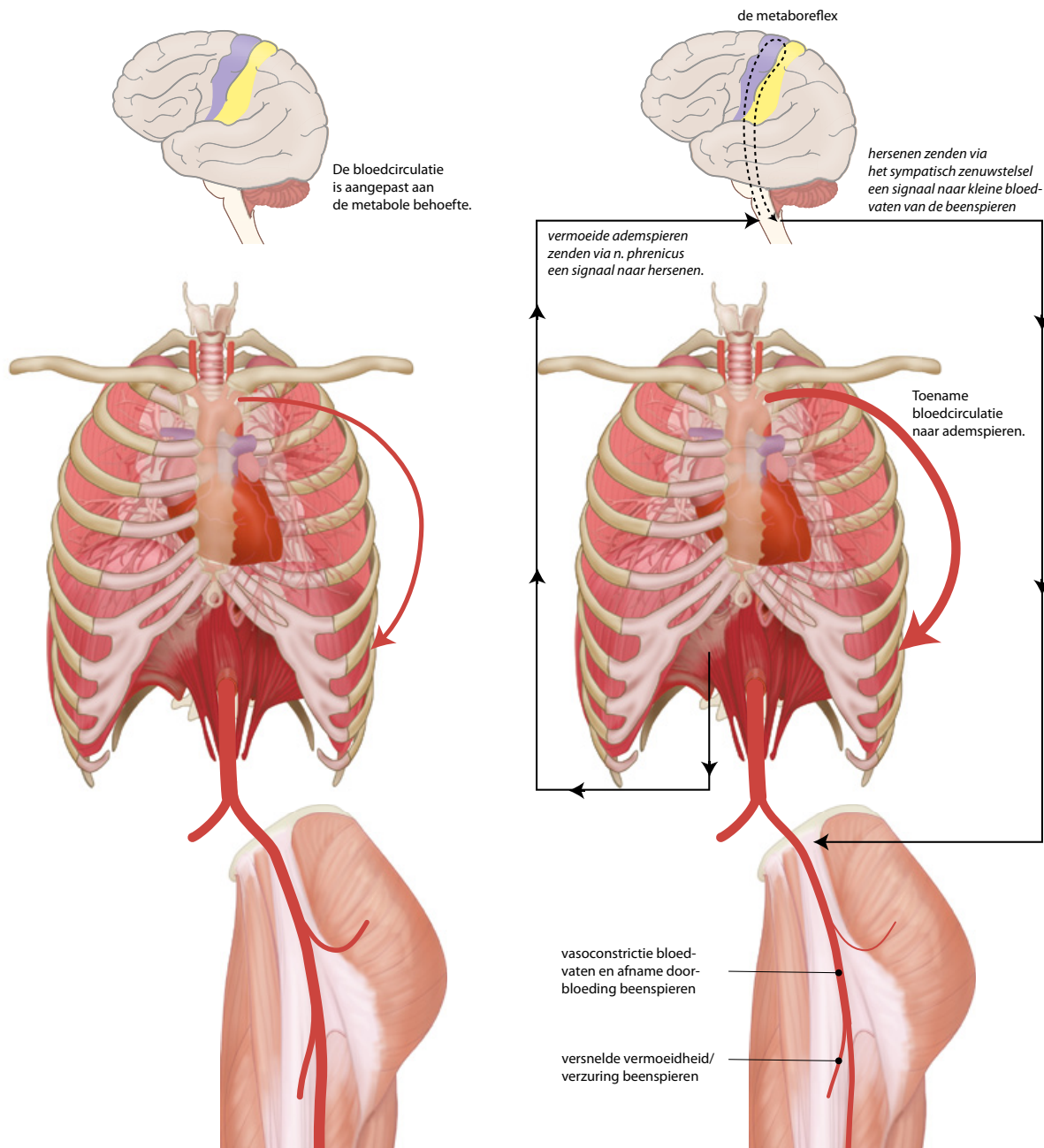
Metaboreflex

Onder invloed van lichamelijke inspanning kan de benodigde arbeid van de ademhalingsspieren dus flink

toenemen, met in het verlengde daarvan ook de metabole 'kosten'. Deze toename in metabole kosten van de ademhalingsspieren heeft invloed op de verdeling van de beschikbare zuurstof, met andere woorden het hartminuutvolume, in het lichaam. De verdeling van het hartminuutvolume volgt het fysiologische principe dat de vitale organen altijd voorrang krijgen boven de minder vitale organen. Omdat onze hersenen, de hartspeer en de ademhalingsspieren vitale organen zijn, zal het lichaam er altijd voor zorgen dat er voldoende zuurstofrijk bloed naar deze vitale organen gaat om te kunnen blijven functioneren (leven). Dit (her)verdelingsmechanisme van het hartminuutvolume, ofwel het zuurstofrijke bloed, wordt aangestuurd door het centrale zenuwstelsel onder invloed van metabole factoren, en wordt daarom de metaboreflex genoemd.

Wanneer de arbeid van de ademhalingsspieren boven een bepaalde drempel komt (ongeveer 50% van de maximale capaciteit) treedt de metaboreflex op.³ Het mogelijke werkingsmechanisme is uitvoerig beschreven door Dempsey en collega's.^{2,4} Zij toonden een duidelijke relatie aan tussen de doorbloeding van de beenspieren en de arbeid die de ademhalingsspieren moeten leveren. Zij beschrijven experimenten waarin, bij een opgelegde lichamelijke inspanning of belasting, de arbeid van ademhalingsspieren wordt verminderd (door bijvoorbeeld non-invasieve beademing), waardoor de doorbloeding van de beenspieren met 4,3 procent toeneemt. Het omgekeerde vindt plaats wanneer de ademhalingsspieren meer arbeid moeten leveren, bijvoorbeeld door proefpersonen te laten ademen door een ademspiertrainer (loading). De doorbloeding van de beenspieren neemt dan met 7 procent af. Hieruit valt op te maken dat er een relatie (associatie) bestaat tussen de hoeveelheid arbeid die de ademhalingsspieren moeten leveren en de doorbloeding van de perifere skeletspieren.⁵

Figuur 1 geeft schematisch het werkingsmechanisme van de metaboreflex weer. Wanneer de ademhalingsspieren vermoeid raken, treedt er metabole acidose op die de groep III- en groep IV-afferenten via de chemosensoren in het bloed prikkelen. Hierdoor treedt de metaboreflex in werking waardoor een herverdeling van zuurstofrijk bloed plaatsvindt, het zogenaamde 'steal-effect'. Dat wil zeggen dat extra (zuurstofrijk) bloed dat nodig is voor de (vitale) ademhalingsspieren, als het ware wordt gestolen van de (minder vitale) perifere skeletspieren door middel van vasoconstrictie



Figuur 1 Overzicht van de metaboreflex. Links de situatie zonder vermoeidheid van de inspiratoire ademspieren. Rechts met vermoeidheid van de inspiratoire ademspieren en het effect van de metaboreflex.

van de bloedvaten (contractie precapillaire sfincters) in de perifere skeletspieren. De beenspieren krijgen hierdoor minder zuurstofrijk bloed aangeboden, en gaan eerder over op anaerobe arbeid. Dit heeft tot gevolg dat de beenspieren sneller vermoeid raken waardoor de (aerobe) prestaties van de beenspieren afnemen (ze ‘verzuren’ sneller), wat bijvoorbeeld meetbaar is als een verminderde loopafstand.

Relatie tussen ademhalingsspieren en prestaties

De ademhaling en vermoeidheid van de ademspieren hebben effect op de lichamelijke prestaties. Het adem-

halingspatroon verandert als de ademspieren moe worden. De ademhaling wordt namelijk minder diep (afname teugvolume) en de ademfrequentie neemt toe. In verschillende wetenschappelijke studies is de vermoeidheid van de ademhalingsspieren bestudeerd bij sporten zoals roeien,⁶ wielrennen⁷ en hardlopen.⁸ Al deze studies laten zien dat na een periode van zware lichamelijke belasting de kracht van de ademhalingsspieren afneemt. Deze wetenschappelijke studies laten verder zien dat wanneer de ademhalingsspieren vermoeid raken, dit een beperkend effect kan hebben op de lichamelijke prestaties.

Effecten van ademspiertraining

Diverse onderzoeken laten zien dat er een relatie bestaat tussen een periode van ademspiertraining (ca. 6 weken) en een verbetering in relevante fysieke prestaties.⁹ Door de ademspieren gericht te trainen kunnen ze in kracht toenemen met 20 tot 30 procent. Deze krachtstoename helpt de ademspieren om de arbeid van het ademen (ventilatie) bij inspanning efficiënter uit te voeren. Studies laten verder zien dat bij gelijke arbeidsomvang de getrainde ademspieren minder snel moe worden dan ongetrainde ademspieren. Hierdoor wordt de metaboreflex en dus het steal-effect uitgesteld.¹⁰

Onderzoek naar het trainen van de ademhalingsspieren dateert al uit de jaren zeventig van de twintigste eeuw. In een van de eerste onderzoeken werd al aangetoond dat de ademhalingsspieren, net als ander skeletspieren, adapteren onder invloed van specifieke training.¹¹ Een toename van de inspiratoire spierkracht is aangetoond als een toename van 8 tot 45 procent van de $P_{i_{max}}$.^{*} Ook een geconstateerde toename van 21 procent van de dwarsdoorsnede van type II-spiervezels van de intercostale musculatuur duidt op een toename van de spierkracht. Verder is een verbeterd uithoudingsvermogen in de literatuur beschreven in de vorm van een toename van het aandeel type I-vezels met 38 procent.¹ Latere studies onderzochten de mogelijke voordelen van ademspiertraining op de inspanningstolerantie bij zowel gezonde mensen als patiënten met COPD en chronisch hartfalen.^{13,14} Ademspiertraining is immers al enkele jaren een vast onderdeel van het fysiotherapeutische revalidatieprogramma bij COPD-patiënten en van de preoperatieve voorbereiding op bovenbuik- en hartchirurgie.¹⁵

Door de toename in ademspierkracht en uithoudingsvermogen en door een efficiënter ademhalingspatroon (toename teugvolume en afname ademfrequentie) neemt de ademarheid af, waardoor de metaboreflex en daarmee het steal-effect wordt uitgesteld, dus later optreedt. Dit uitstel van de metaboreflex verklaart mogelijk waarom patiënten met COPD en chronisch hartfalen na ademspiertraining een betere lichamelijke prestatie kunnen leveren, bijvoorbeeld een grotere

afstand op de 6 minutenwandelttest.^{16,17} Met andere woorden: goed getrainde ademhalingsspieren zijn efficiënter en effectiever en verbruiken hierdoor bij (ventilatoire) belasting minder energie (of zuurstof) dan ademhalingsspieren die ongetraind of minder getraind zijn. Dit betekent dat er meer zuurstofrijk bloed beschikbaar blijft voor de bewegingsspieren, waardoor deze betere (aerobe) prestaties kunnen leveren.

Ademspieren trainen

Net als alle andere skeletspieren zijn de ademspieren in staat om te adapteren na een systematisch toegediende, voldoende intensieve trainingsprikkel, waardoor de spieren sterker en efficiënter worden.¹⁰ Dit adaptatiemechanisme vormt de algemene basis van een systematisch trainingsprogramma, waarbij de volgende biologische wetmatigheden van belang zijn: overloadprincipe, specificiteit en supercompensatie.¹⁶

- Het overloadprincipe houdt in dat een spier die systematisch wordt blootgesteld aan oplopende belasting zich aanpast (adapteert). Dit adaptatiemechanisme zorgt ervoor dat de ademspieren weerstand kunnen blijven bieden aan de gevraagde of opgelegde belasting. Doordat de ademspier adapteert zal er een verbetering van de spierfunctie (bijv. kracht) optreden. Wanneer een spier zich eenmaal heeft aangepast, moet er steeds een hogere belasting (overload) worden opgelegd om deze spierfunctie verder te ontwikkelen of te verbeteren.
- Specificiteit betekent dat je vooral beter wordt in de activiteit of bewegingsvorm die je traint. Dit is een belangrijk trainingsaspect. Als je bijvoorbeeld het uithoudingsvermogen van een spier wilt trainen, heeft het niet zoveel zin om heel veel tijd te besteden aan krachttraining. Het is echter wel essentieel om afwisselende trainingsvormen aan te bieden omdat variatie essentieel is voor het trainen van het zenuwstelsel, dat onder andere verantwoordelijk is voor de juiste aansturing van de spiergroepen, zodat de inter- en intramusculaire coördinatie ook verbetert.
- Supercompensatie refereert aan de mogelijkheid van het lichaam om zich aan te passen aan de belasting waaraan het is blootgesteld.

Het is belangrijk om te weten dat de effecten van overload en supercompensatie ontstaan in de herstelfase en niet tijdens de training zelf! Als het lichaam onvol-

* $P_{i_{max}}$ = maximale inspiratoire monddruk. Voor normaalwaarden, het statement van de American Thoracic Society (ATS) en European Respiratory Society (ERS).¹²

Ademspiertraining en topsport

Ademspiertraining is in het Verenigd Koninkrijk ontwikkeld, waar sporters als eerste 'lucht kregen' van de positieve effecten ervan. Want, als ademspiertraining bij patiënten zorgt voor een verbetering van de inspanningstolerantie, waarom zou dit dan niet werken bij sporters? Diverse Engelse en Australische Olympische teams doen al aan ademspiertraining sinds de Olympische Spelen van 2004. Ook in Nederland werken diverse sportbonden (KNSB, KNHB, KNZB) met ademspiertraining. De precieze bijdrage van ademspiertraining aan het winnen van een gouden medaille is natuurlijk lastig te meten, maar dat ademspiertraining kan bijdragen aan een verbetering van het lichamelijke prestatievermogen bij (top)sporters is inmiddels al onderzocht.^{9,18}

doende herstelt, heeft het onvoldoende mogelijkheden om te adapteren. Dan treedt compensatie op en uiteindelijk kan hierdoor overbelasting optreden.

Trainingsmodaliteiten

Er zijn momenteel verschillende trainingsapparaten op de markt (in prijs variërend van 30 tot 500 euro) voor het trainen van de ademhalingsspieren. In de meeste Europese landen wordt de trainingsapparatuur voor ademspiertraining door de zorgverzekeraar vergoed, maar in Nederland (nog) niet. Bij deze trainingsapparaten zijn drie verschillende trainingsmodaliteiten te onderscheiden, namelijk: *voluntary isocapnic hyperpnea*, *flow resistive loading* en *pressure threshold loading*.

- Voluntary isocapnic hyperpnea (zie figuur 2) heeft een hoge snelheid van inademen in combinatie met een lage ademweerstand (*high speed, low resistance*). Het voordeel van het trainen met voluntary isocapnic hyperpnea is dat dit specifiek is voor het adempatroon tijdens inspanning. Een nadeel is dat de training relatief veel tijd kost (ca. 30 min. per sessie). Bovendien moet de CO₂-uitwisseling goed gereguleerd worden om isocapnisch te kunnen hyperventileren (het koolzuurgehalte wordt tijdens hyperventilatie kunstmatig genormaliseerd) en daarvoor is kostbare apparatuur nodig. Tot slot kan deze trainingsvorm bronchiale hyperreactiviteit uitlokken, gepaard gaand met bronchoconstrictie.
- Bij flow resistive loading wordt de weerstand bepaald door de snelheid van inademen (flow). Het trainingsapparaat moet daarom voorzien zijn van een elektrische manometer om bij variërende flows

de weerstand gelijk te houden (*pressure-time profile*) en dit maakt ook deze trainingsvorm kostbaar.

- Pressure threshold loading (zie figuur 3) is de meest wetenschappelijk bestudeerde en onderbouwde trainingsvorm voor de ademhalingsspieren. Deze training is gekenmerkt door een hoge ademweerstand en een lage flow (*high resistance, low speed*). De training wordt uitgevoerd met behulp van een *pressure loading device*, zoals de Powerlung, de Threshold IMT of de PowerBreath. De Powerlung en de Threshold IMT zijn apparaten die een flow-onafhankelijke weerstand geven aan de ademspieren (alles of niets-principe). Bij de nieuwste PowerBreath is de ademweerstand afhankelijk van de flow die gegenereerd wordt. Dit betekent dat je bij een lagere flow een lagere weerstand krijgt, en bij een hogere flow een hogere weerstand. Het grote voordeel hiervan is dat de hoeveelheid lucht die geventileerd wordt (volume) groter is dan bij de flowonafhankelijke apparaten. Of dit ook een effectievere en/of efficiëntere trainingsvorm is, wordt momenteel onderzocht.

Indicaties en contra-indicaties ademspiertraining

Ademspiertraining wordt niet aanbevolen voor personen die een spontane pneumothorax hebben gehad, omdat de mogelijkheid bestaat dat er zich opnieuw een klaplong voordoet. In geval van een blessure in de borstregio, bijvoorbeeld een gebroken rib of gekneusde ribben, dient ademspiertraining niet toegepast te worden voordat volledig herstel is opgetreden. Ademspiertraining is niet aan te bevelen bij patiënten met astma die regelmatige onverwachte (en zware) exacerbaties ondervinden. Ook recente of niet-volledig herstelde trommelvliesperforaties en/of KNO-infecties vormen contra-indicaties.



Figuur 2 Trainingsapparatuur voor voluntary isocapnia hyperpnea



Figuur 3 Trainingsapparatuur voor pressure threshold loading

Indicaties voor ademspiertraining in een fysiotherapeutische setting zijn:

- Verminderde ademspierkracht: Pi_{max} minder dan 70 procent van de voorspelde waarde op basis van leeftijd en geslacht.
- Symptomen van dyspnoe, hypercapnie en/of inspanningsintolerantie.

Parameters trainingsprogramma

Voor het bewerkstelligen van adequate trainingsprikkelers zijn de algemene trainingskarakteristieken en de belastbaarheid (o.a. de basisfitheid) van de persoon van groot belang. Voor het opstellen van een trainingsprogramma zijn de FITT-factoren (acroniem voor: frequentie, intensiteit, tijd en type) essentieel om een goede trainingsomvang te bewerkstelligen. De trainingsintensiteit (belasting / overload) is de meest versturende factor van de homeostase en daardoor de belangrijkste bepalende factor voor de arbeid die de (adem)spier moet leveren en hieraan gekoppeld de belasting van het spiermetabolisme. De belastbaarheid en het herstellvermogen van een individu bepalen in hoge mate de tolerabele trainingsintensiteit, duur en frequentie van de trainingsprikkel. Om tot een effectieve trainingsprikkel voor de ademspieren te komen zijn aan de hand van de FITT-factoren trainingsrichtlijnen opgesteld (zie kader).

Wetenschappelijk is vooral het trainen van de inspiratoire spierfunctie (kracht en uithoudingsvermogen) getoetst. Uit deze studies, uitgevoerd met gezonde proefpersonen, blijkt dat bij een op kracht gericht trainingsprogramma, met een ademweerstand tussen de 55 en 75 procent van de Pi_{max} , de ademspieren de meeste power moeten leveren en de grootste trainingswinst laten zien op zowel de inspiratoire spierkracht (Pi_{max}) als het prestatievermogen (*peak work capacity*) op de fietsergometer.⁹

Conclusie

Zowel vanuit de geneeskundige als de sportwetenschappelijke literatuur zijn er steeds meer aanwijzingen dat de ademspierfunctie een limiterende factor kan zijn tijdens sport en/of activiteiten van het dagelijks leven. Om te bepalen of ademspiertraining een bijdrage kan leveren en geïndiceerd is bij patiënten is het belangrijk om vanuit fysiologisch of biologisch perspectief

Trainingsrichtlijnen aan de hand van de FITT-factoren

Duurtraining (flowgenererend: hoge snelheid, lage weerstand)

F: 3 tot 5 dagen in de week.

I: 30% van de maximale inspiratoire monddruk (Pi_{max}).

T: 15 minuten per sessie en totale trainingsduur van 4 tot 6 weken.

T: Pressure threshold loading device.

Krachttraining (drukgenererend: hoge weerstand, lage snelheid)

F: 2 keer per dag.

I: 60% van de Pi_{max} .

T: 30 inspiraties per sessie en een totale trainingsduur van 4 tot 6 weken.

T: Pressure threshold loading device.

klinisch te redeneren. Als ademspiertraining geïndiceerd lijkt, is overleg met de behandelend arts noodzakelijk. Vervolgens moet de ademspiertraining geïnstrueerd, gesuperviseerd en geëvalueerd worden door een bevoegde en bekwame (sport)fysiotherapeut, voor een optimale afstemming en adequate trainingsbelasting afgestemd op de belastbaarheid van de persoon. Voor diegenen die zich verder willen verdiepen en meer inzicht willen krijgen in het klinische beeld en de betekenis van ademspierdisfunctie en ademspiertraining bij verschillende patiëntenpopulaties (bijv. COPD, hartfalen, neuromusculaire ziekten, preoperatief) met de wetenschappelijk aangetoonde effectiviteit wordt de masterclass Ademspiertraining van het NPI geadviseerd.

Literatuur

- 1 McConnell AK, Romer LM. Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. *Int J Sports Med* 2004;25(4):284-93.
- 2 Dempsey JA, Romer L, Rodman J, Miller J, Smith C. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respir Physiol Neurobiol* 2006;151(2-3):242-50.
- 3 Romer LM, Polkey MI. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *J Appl Physiol* 2008;104(3):879-88.

Voor de volledige literatuurlijst wordt verwezen naar www.physios.nl.

www.physios.nl

- ▶ Bijlage 1: Aanbevolen reviewartikelen.
- ▶ De volledige literatuurlijst