

Het effect van respiratoire musculaire training op prestaties van mensen zonder respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen

Samenvatting

Aanleiding: Het is bewezen dat respiratoire musculaire training effect heeft op prestaties van mensen met COPD. Het is echter onduidelijk of dit ook het geval is bij mensen zonder respiratoire of cardiovasculaire aandoeningen. Respiratoire musculaire training is onder te verdelen in twee delen; respiratoire musculaire duurtraining en respiratoire musculaire krachttraining. De krachttraining kan wederom op twee manieren toegepast worden; door inspiratoire musculatuur training of door zowel de inspiratoire als expiratoire musculatuur te trainen.

Vraagstelling: Wat is het effect van respiratoire musculaire training op prestaties bij fysieke activiteit van mensen zonder respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen?

Methode: Literatuuronderzoek via databanken Pubmed, Cochrane library en CINAHL. De methodologische eigenschappen van de gevonden RCT's zijn beoordeeld met de PEDro-score, de systematic reviews zijn met de AMSTAR beoordeeld.

Resultaten: Door middel van de gebruikte zoekstrategie zijn veertien artikelen gevonden; twee systematic reviews, tien RCT's en twee observationele studies. Van de twaalf experimentele studies waren er tien artikelen waar onderzoek werd gedaan naar respiratoire musculaire krachttraining, één onderzocht respiratoire musculaire duurtraining en in één onderzocht werden beide trainingsvormen met elkaar vergeleken. Van de elf onderzoeken met respiratoire krachttraining waren er vijf studies die het effect van inspiratoire spiertraining onderzochten, zes studies waarbij gebruik werd gemaakt van een combinatie van inspiratoire en expiratoire spiertraining.

In de vijf studies waarbij de inspiratie musculatuur werd getraind werd bij vier studies een significante verbetering van prestatie in activiteiten gevonden. De verbetering bedroeg 1.5% (SD: $\pm 1.0\%$) tot 28%.

In de zes studies waarbij zowel inspiratie als expiratietraining werd toegepast meldten twee studies een positief resultaat op prestatie. De verbeteringen bedroegen 17,7% (SD: $\pm 6.5\%$) en 20%.

Van de twee studies die respiratoire duurtraining toepasten was er één die een positief effect mat, dit was een procentuele vooruitgang van 45.5% (SD: $\pm 14.3\%$). Bij de andere studie werd geen significant verschil gevonden.

Conclusie: Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat respiratoire musculaire training een positief effect kan hebben op de prestaties van mensen zonder respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen. Hierbij lijkt inspiratoire musculaire training de grootste kans op succes te hebben.

Trefwoorden: Respiratoire-, inspiratoire-, expiratoire musculaire training, fysieke prestaties

Inleiding

Al jaren is de discussie gaande of respiratoire musculatuur beperkend is bij de prestatie van mensen zonder respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen (RCA). Voorheen werd aangenomen dat dit alleen het geval is bij patiënten met longproblematiek. Er is bijvoorbeeld veel onderzoek gedaan naar patiënten met COPD op gebied van respiratoire spierkracht en de trainbaarheid hiervan. Uit onderzoek bij patiënten met COPD blijkt dat Inspiratoire Musculaire Training (IMT) niet alleen de benauwdheid en de ervaren vermoeidheid tijdens inspanning vermindert (Forbes, Game, Syrotuik, & Bell, 2011 en Lomax, Grant, & Corbett, 2011) maar ook de gelopen afstand bij de 6 Minuten Wandeltest (6MWT) vergroot (Shoemaker, Donker & LaPoe, 2009). IMT is sinds 2008 opgenomen in de KNGF richtlijnen COPD.

Uit onderzoek is gebleken dat ademhalingspiers ook bij mensen zonder longaandoeningen vermoeibaar zijn (Perlovitch, Gefen, Elad, Ratnovsky, Kramer & Halpern, 2006). Het feit dat deze vermoeidheid optreedt wil nog niet zeggen dat dit ook invloed heeft op de prestatie van deze spieren. Zolang ze nog voldoende kracht kunnen leveren om de ventilatie op het vereiste niveau te houden zou er niets aan de hand hoeven zijn.

Dit lijkt echter niet het geval te zijn. Uit onderzoek van Taylor en Romer (2008) is gebleken dat vermoeidheid van expiratoire musculatuur wel degelijk invloed heeft op de inspanningstolerantie. Bij dit onderzoek voerden acht proefpersonen twee maal een maximale inspanningstest uit. Bij één test werd van tevoren vermoeidheid van de expiratiemusculatuur opgewekt, bij de andere was dit niet het geval. Vermoeidheid van deze spieren werd bereikt door te ademen tegen weerstand. De score op de maximale inspanningstest bleek beduidend lager te

zijn wanneer de expiratiespiers voor de test vermoeid waren.

Bailey, Romer, Kelly, Wilkerson, DiMenna en Jones (2010) geven een mogelijke verklaring voor deze wisselwerkingen. Zij stellen, naar aanleiding van hun onderzoek, dat bij vermoeidheid van de respiratoire spieren er een sympathisch gestuurde reflex optreedt die zorgt voor een vasoconstrictie in de ledematen. Door deze vasoconstrictie is er een verminderde zuurstofopname (VO_2) in de spieren van de ledematen, waardoor de inspanningstolerantie negatief beïnvloed wordt.

Of respiratoire musculaire training (RMT) de beperking van de inspanningscapaciteit dan ook daadwerkelijk opheft is nog niet duidelijk. Er zijn momenteel twee methodes die gebruikt worden voor RMT bij gezonde mensen; respiratoire musculaire krachttraining (RMKT) en respiratoire musculaire duurtraining (RMDT) (Illi, Held, Frank & Spengler, 2012). RMKT kan wederom in tweeën worden opgedeeld; IMT en IEMT. Beide trainingsvormen worden uitgevoerd door het ademen tegen een externe weerstand. Als deze weerstand alleen bij de inspiratie aanwezig is dan is er sprake van IMT. Bij IEMT is er sprake van zowel weerstand bij inspiratie als expiratie. RMDT berust op een training waarbij de contracties van respiratoire spieren juist met weinig kracht worden uitgevoerd, maar wel snel achter elkaar.

Als RMT effect blijkt te hebben op prestaties bij mensen zonder RCA, is dit vervolgens op verschillende manieren toe te passen binnen de fysiotherapie. Het zou bijvoorbeeld een rol kunnen krijgen binnen de pre- en postoperatieve fase van verschillende revalidatietrajecten. Een operatie is een hele belasting op je lichaam. Zowel de operatie zelf als de narcose zorgen voor een sterk verminderde belastbaarheid.

De preoperatieve conditie van de patiënt heeft veel invloed op het herstel in de periode daarna. Preoperatieve fysieke training resulteert in een kleinere kans op complicaties na de operatie en sneller herstel (Valkenet, Dronkers, De Vries, Lindeman, & Backx, 2010). Postoperatief is er namelijk een verhoogd risico op long-complicaties. Momenteel is RMT alleen bij de risicogroepen een onderdeel van deze fysieke training met slechts als doel de complicaties te voorkomen (Hulzebos, Helders, Favié, De Bie, Brutel de la Riviere, & Van Meeteren, 2006). Als RMT effect blijkt te hebben op prestaties bij mensen zonder RCA zou dit bij een veel grotere groep toegepast worden en dan niet alleen met als doel complicaties voorkomen maar tevens het versnellen van het herstel. Een korter behandeltraject wordt door patiënten vaak als prettig ervaren en scheelt ook in kosten.

Daarnaast zou RMT bijvoorbeeld ook ingezet kunnen worden bij patiënten die herstellende zijn van een langere tijd van immobilisatie en als gevolg hiervan een verminderde fysieke belastbaarheid hebben.

Het doel van deze studie is het evalueren van het in de literatuur beschreven effect van RMT op de prestaties bij fysieke activiteit bij mensen zonder respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen.

Methode

Zoekstrategieën

De volgende databanken zijn gebruikt voor het zoeken naar literatuur; Pubmed, Cochrane library en CINAHL. Hierbij is gezocht naar artikelen die geschreven zijn tussen 1999 en juli 2012. Gebruikte zoektermen waren; respiratory, inspiratory, expiratory, muscle, training, healthy, athletes, performance. Deze termen zijn in verschillende combinaties toegepast.

In- en exclusiecriteria

De treffers in de databanken zijn in eerste instantie gescreend op titel en abstract. Bij selectie van de artikelen werd gebruik gemaakt van verschillende inclusiecriteria.

Alleen onderzoeken bij mensen zonder respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen zijn in dit onderzoek opgenomen. Onderzoeken verricht bij patiënten met bijvoorbeeld chronische hartklachten of longproblematiek zijn daarom geëxcludeerd. Ook moest 'prestatie bij fysieke activiteit' een van de uiteindelijke gemeten uitkomstmaten zijn. Gevallen waarbij alleen uitkomsten als longvolume, spierkracht of vermoeidheid werden gemeten zijn niet in dit onderzoek opgenomen. Daarbij moest er sprake zijn van daadwerkelijke respiratoire spiertraining. Alleen RCT's, meta-analyses en systematic reviews zijn geïnccludeerd.

De kenmerken van de geïnccludeerde studies zijn samengevat in een data-extractietabel.

Het zoeken van artikelen, selecteren van data en data-extractie zijn allen door één persoon uitgevoerd.

Methodologische kwaliteit

Er zijn verschillende instrumenten gebruikt om de methodologische kwaliteit te bepalen en te waarborgen. De kwaliteit van de randomized controlled trials (RCT's) is vastgesteld doormiddel van de PEDro-score. Dit is een gevalideerd meetinstrument waarbij een artikel een score krijgt tussen de 0 en 10, waarbij 10 de hoogst methodologische kwaliteit weergeeft en 0 de laagste (Morton, 2009).

De systematic reviews zijn beoordeeld doormiddel van de AMSTAR. Ook dit is een valide meetinstrument (Kang, Wu, Hu, Hong, Wang, & Zhang, 2011) speciaal ontwikkeld voor het scoren van systematic reviews. De AMSTAR bestaat uit 11 items die met een 4- puntsschaal gescoord worden, namelijk 'Yes, No, Can't answer en Not applicable'. Voor iedere 'Yes' die wordt gescoord wordt er één punt toegekend, voor de andere

mogelijkheden 0 punten. Door alle punten uiteindelijk op te tellen kan er een uitspraak gedaan worden over de kwaliteit van de systematic reviews; meer punten betekent een hogere kwaliteit.

Resultaten

Karakteristieken van studies

Door middel van de gebruikte zoekstrategie zijn 20 artikelen gevonden. Na het toepassen van de exclusiecriteria bleven er nog 14 over. De voornaamste redenen van exclusie waren; het ontbreken van daadwerkelijke respiratoire training, de aanwezigheid van pathologie en het feit dat prestatie niet gemeten werd via een activiteit.

Van de overgebleven 14 artikelen waren er 10 RCT's, 2 observationele studies en 2 meta-analyses/ systematic reviews. In tabel 1 en 4 staan alle karakteristieken van de gebruikte studies beschreven.

Bij de RCT's en observationele studies hebben bij elkaar 215 proefpersonen deelgenomen, waarbij het aantal deelnemers per groep varieerde van 8 tot 34. Het totale deelnemersveld bestond voor 71% uit mannen (n=153) en voor 29% uit vrouwen (n=62). De leeftijd lag tussen de 14 en 40 jaar.

Methodologische kwaliteit

De PEDro-scores van de verschillende artikelen zijn uitgewerkt in tabel 2. De gemiddelde PEDro-score van de RCT's bedroeg 6.1 en varieerde van 4 tot 9 punten. De meest voorkomende tekortkomingen in de onderzoeksopzet of haar rapportage waren het verborgen toewijzen van de deelnemers aan een groep en de blinding, zowel van patiënt, therapeut en beoordelaars.

De uitkomsten van de AMSTAR zijn weergegeven in tabel 3. Hieruit blijkt dat de gemiddelde score van de twee systematic reviews 6.5 uit 11 is.

Karakteristieken interventies

In tabel 4 staan de verschillende parameters van de bij de studies gebruikte trainingen weergegeven. Er zijn bij de studies verschillende

trainingsmethodes met verschillende parameters gebruikt. Bij 5 studies bestond de RMT alleen uit het trainen van de inspiratoire musculatuur (IMT), bij de overige studies werden zowel de inspiratie als expiratiespiers getraind (IEMT).

Bij 10 studies was er een controlegroep aanwezig. Bij 3 van de 10 bestond de activiteit van de controlegroep uit non respiratoire training en bij de andere 7 uit een respiratoire 'sham'training. Bij deze 'sham'training werd er met een beduidend lagere weerstand getraind dan bij de training van de interventiegroep. De weerstand lag hierbij tussen de 10 en 15% van de maximale inspiratie druk (MIP) in plaats van tussen de 50 en 90% bij de overige onderzoeken.

Effect op prestaties

Van de geïncludeerde studies waren er twee die gebruik maakte van RMDT. Eén onderzocht het verschil tussen RMKT en RMDT (Uemura et al., 2012) en de andere richtte zich op het effect van RMDT (Keramidas, Debevec, Amon, Kounalakis, Simunic, & Mekjavic, 2009). De verschillen in resultaten tussen de twee onderzoeken zijn erg opvallend. Waar Uemura (2012) een verbetering van maar liefst 45.5% (SD: $\pm 14.3\%$) meet is in onderzoek van Keramidas et al. (2009) geen significant verschil tussen de experimentele groep en de controlegroep.

Van de 12 studies die gebruik maakten van RMKT waren er 5 studies met IMT, in 7 studies werd IEMT toegepast. Bij vier van de vijf studies die gebruikmaakten van IMT was een significante verbetering van de prestatie waargenomen. Bij één van die studies moet echter wel een kanttekening geplaatst worden. Bij onderzoek van Kilding, Brown en McConnell (2009) wordt onderzocht wat het effect is van IMT op de prestatie bij 100, 200 en 400 meter zwemmen. Hieruit blijkt een significante verbetering ten opzichte van de controlegroep op de 100 en 200 meter; op de 400 meter is er echter geen verbetering waarneembaar. De verschillen in verbetering bij de vier

studies lagen tussen de 1.5 (SD: $\pm 1.0\%$) ten opzichte van de controle groep bij onderzoek van Kilding et al. (2009) en een verbetering van 28% bij de studie van Lomax, Grant en Corbett (2011).

Bij de 7 studies die van IEMT gebruik maakten waren er 2 die een significante verbetering in prestatie maten. Bij onderzoek van Guenette, Martens, Lee, Tyler, Richards, Foster, Warburton en Sheel (2006) waren de resultaten echter niet unaniem. Hierbij wordt het effect van IEMT op fietsprestatie gemeten, door middel van een maximale inspanningstest op de ergometer. Deze test wordt vier keer afgenomen, twee keer voor (test 1 en 2) en twee keer na (test 3 en 4) de vijf weken durende IEMT. Test 1 wordt gezien als een kennismaking met de test. Test 2 wordt gezien als het nulpunt. Wanneer de uitkomsten van test 2 worden vergeleken met het gemiddelde van 3 en 4 dan is er geen significante verbetering vast te stellen; wordt test 2 vergeleken met het beste resultaat van test 3 en 4 dan is er wel degelijk een significante verbetering van de prestatie.

Discussie

Verschil tussen RMDT en RMKT

Uit verzamelde data kan geen duidelijke conclusie getrokken worden over het effect van RMDT op prestaties in fysieke activiteit bij mensen zonder RCA. Dit kan komen doordat de uitslagen van onderzoeken waar gebruik gemaakt wordt van RMDT erg tegenstrijdig zijn. Uemura (2012) meet een duidelijke verbetering in prestatie maar in onderzoek van Keramidas et al. (2009) is er geen significant verschil gemeten. Er kan sprake zijn van een vertekend beeld doordat Uemura et al. (2012) geen gebruik maakt van een controlegroep. Daarnaast zijn er door middel van de gebruikte zoekstrategie slechts twee artikelen gevonden die gebruik maken van RMDT. Een oorzaak voor het gebrek aan artikelen kan zijn dat er minder onderzoek gedaan is op dit gebied. Achteraf was echter de zoekstrategie niet ideaal voor het vinden van deze onderzoeken. Zo wordt RMDT

ook wel 'voluntary isocapnic hyperpnoea' genoemd. Dit is niet gebruikt bij de zoektermen en kan invloed hebben op het aantal gevonden artikelen.

Er zijn wel voldoende onderzoeken gevonden waar RMKT wordt toegepast. Hierbij is de tweesplitsing tussen IMT en IEMT te maken. Waar vier van de vijf artikelen waar IMT werd toegepast verbetering toonde was dit bij IEMT slechts in twee van de zes studies het geval. Hierbij lijkt dus IMT een grotere kans op effect te hebben dan IEMT.

Limitaties

Ten eerste was het aantal deelnemers per studie relatief klein. Dit zorgt ervoor dat er een consequent een relatief groot verschil in resultaat gemeten moet worden om te zorgen dat dit resultaat significant is. Als RMT slechts voor een kleine verbetering zorgt komt dit niet snel naar voren uit studies met een klein deelnemersveld. Opvallend is dan wel dat vooral onderzoeken met een kleiner aantal deelnemers een positief resultaat weergeven.

Daarnaast zit er veel diversiteit tussen deelnemers van de verschillende onderzoeken. Zo doen Chathamn, Baldwin, Griffiths, Summers en Enright (1999) onderzoek bij gezonde vrijwilligers waar Riganas et al. (2008) zich richten op roeiers uit het nationaal team. Dit zou ook invloed kunnen hebben op de uitkomst van de onderzoeken. Hierbij lijkt de trend te zijn dat hoe minder getraind mensen zijn hoe groter de vooruitgang is bij de training. Dit is in lijn met wat we bij training in algemeenheid zien en vaak beschreven wordt als de wet van de verminderde meeropbrengst. (Bottenberg, & Bottenberg 2008). Ook het onderzoek van Geddes, Reid, Crowe, O'Brien en Brooks (2004) ondersteunt deze hypothese.

Het feit dat RMT een positief effect kan hebben op fysieke prestaties bij mensen zonder RCA wil nog niet meteen zeggen dat dit meteen ingezet kan worden bij verschillende patiëntencategorieën. Het zou effect kunnen hebben bij de mensen die verminderd belastbaar zijn door bijvoorbeeld een langere tijd van

immobilisatie. Dit is echter vaak het geval bij oudere mensen. De gemiddelde leeftijd van de onderzochte deelnemers lag echter relatief laag waardoor niet direct een conclusie getrokken kan worden hierover. De uitslagen van dit onderzoek nodigen echt wel uit tot vervolgonderzoek op dit gebied. Hetzelfde geldt voor pre-operatieve patiënten, ook hier dient eerst nader onderzoek verricht te worden voordat dit in de praktijk toepasbaar is.

Conclusie

Uit de verzamelde data kan geconcludeerd worden dat RMT een positief effect kan hebben op de fysieke prestaties van mensen zonder RCA. Hierbij heeft RMKT door middel van IMT de grootste kans op succes. Het effect lijkt groter bij minder getrainde mensen.

Tabel 1 Karakteristieken van de studies

Artikel	aantal deelnemers	Leeftijd	Man/vrouw	Patienten groep	Soort training
Lomax 2011	12	23($\pm$ 1.3)	12m 0v	Semi-prof football spelers	IMT
Riganas 2008	19	22($\pm$ 5.5) 20($\pm$ 1.5)	12m 7v	Grieks nationaal roeiteam	IMT
Romer 2002	16		16m 0v	Goed getrainde (weg)wielrenners	IMT
Chathamn 1999	22	26	10m 12v	Gezonde vrijwilligers	IMT
Kilding 2009	16	19,1($\pm$ 2.6)	10m 6v	Club niveau zwemmers	IMT
Guenette 2005	15	23	7m 8v	Gezonde (ongetrainde) mannen en vrouwen	RMT
Sperlich 2009	17	25($\pm$ 1.5)	12m 5v	Special force unit military	RMT
Wells 2005	34	15.5($\pm$ 1.5)	14m 20v	Wedstrijdzwemmers nationaal niveau	RMT
Forbes 2011	21	m23($\pm$ 11) v22 ($\pm$ 9)	9m 12v	lokale roeiverening	RMT
Sonetti 2001	17	24 ($\pm$ 5)	17m	highly trained cyclists	RMT
Uemura 2012	8	35 ($\pm$ 5)	4m 4v	Ervaren hardlopers	RMDT/ RMT
Keramidas 2009	18	-	18m 0v	Gezonden mannen	RMDT
Illi 2012	Nvt	Nvt	Nvt	Gezonde mensen	SR en MA
Valkenet 2012	Nvt	Nvt	Nvt	Sporters	SR en MA

Tabel 2. Methodologische kwaliteit; PEDro-score

Artikel	Item PEDro-score											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totaal
Forbes, 2011	Yes	1		1						1	1	4
Lomax, 2011	Yes			1				1	1	1	1	5
Rigas, 2008	Yes	1		1				1	1	1	1	6
Romer, 2002	Yes	1	1	1	1		1	1	1	1	1	9
Sonetti, 2001	Yes	1		1				1	1	1	1	6
Chathamn, 1999		1		1				1	1	1		5
Keramidas, 2009	Yes	1		1				1	1	1	1	6
Sperlich, 2009		1		1				1	1	1	1	6
Wells, 2005	Yes	1		1	1			1	1	1	1	7
Kidling, 2009	Yes	1		1			1	1	1	1	1	6

Description PEDro categories

1. eligibility criteria were specified
2. subjects were randomly allocated to groups
3. allocation was concealed
4. the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators
5. there was blinding of all subjects
6. there was blinding of all therapists who administered the therapy
7. there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome
8. measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups
9. all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"
10. the results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome
11. the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome

Tabel 3. Methodologische kwaliteit; AMSTAR-score

Artikel	AMSTAR-score											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totaal
Hiromi, 2012	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	No	Yes	NA	NA	6
HajGhanbari, 2012	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	NA	NA	7

Description of the AMSTAR categories

1. Was an 'a priori' design provided?
2. Was there duplicate study selection and data extraction?
3. Was a comprehensive literature search performed?
4. Was the status of publication (i.e. grey literature) used as an inclusion criterion?
5. Was a list of studies (included and excluded) provided?
6. Where the characteristics of the included studies provided?
7. Was the scientific quality of the included studies assessed and documented?
8. Was the scientific quality of the included studies used appropriately in formulating conclusions?
9. Where the methods used to combine the findings of studies appropriate?
10. Was the likelihood of publication bias assessed?
11. Was the conflict of interest stated?

Tabel 4. Beschrijving interventies

Artikel	Soort training	Begin weerstand	Frequentie	Aantal weken	Duur trainingsessie	Verbetering
Lomax 2011	IMT	50%	2x p/d	4	1x 30hh	-
Rigas 2008	IMT	30%	5x p/w	6	5-7x voor 4-5 min	28%
Romer 2002	IMT	50%	1x p/d	6	2x 30 hh	20km: 3.5% 40km: 3.4%
Chathamn 1999	IMT	80%	3x p/w	10		9.8%
Kidling 2009	IMT	50%	2x p/d	6	30hh	100m: 2.7% (SD: ± 1.9) 200m: 1.2% (SD: ±1.1) 400m: -0.1% (SD: ±1.6)
Keramidas 2009	IEMT		5x p/w	4	1 uur	-
Guenette 2006	IEMT	50%	5x p/w	5	2x 30hh	-
Sperlich 2009	IEMT	90%	1x p/d	6	2x 30hh	-
Wells 2005	IEMT	50%		12		mannen: 17% vrouwen: 23%
Uemura 2012	IEMT	60%	3x p/w	8	30 min	RMKT: 17.7% (SD: ±6.5%) RMDT 45.5% (SD: ±14.3%)
Forbes 2011	IEMT		1x p/d	10		-
Sonetti 2001	IEMT	50%		5	30 min uhv, 3-5 min kracht	1.8 (+1.2%)

Literatuurlijst

1. Bailey, S.J., Romer, L.M., Kelly, J., Wilkerson, D.P., DiMenna, F.J., & Jones A.M. (2010). Inspiratory muscle training enhances pulmonary O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans, *J Appl Physiol* 109, 457–468
2. Bottenberg, H.A., & Bottenberg P.G. (2008). *Trainingsleer: Van A tot Z*, Baarn: De Vrieseborch, 542
3. Chathamn, K., Baldwin, J., Griffiths, H., Summers, L., & Enright, S. (1999). Inspiratory muscle training improves shuttle run performance in healthy subjects, *Physiotherapy*, 85, 676–683
4. Forbes, Game, A., Syrotuik, D., Jones, R., & Bell, G. J. (2011). The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers, *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 19, 217–230
5. Geddes, E.L., Reid, W.C., Crowe, J., O'Brien, K., & Brooks, D. (2004). Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review, *Respiratory Medicine*, 99, 1440–1458
6. Guenette, J.A., Martens, A.M., Lee, A.L., Tyler, G.D., Richards, J.C., Foster, G.E., Warburton, D.E.R., & Sheel. A.W. (2006). Variable effects of respiratory muscle training on cycle exercise performance in men and women, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 31, 159–166
7. HajGhanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T., Coelho, Freedman, K., Morton, T., ..., W.Darlene Reid (2012). Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses, *Journal of Strength and Conditioning Research*, Publish Ahead of Print, doi: 10.1152/jappphysiol.00077.2010
8. Hulzebos, E.H., Helders, P.J., Favié N.J., De Bie R.A., Brutel de la Riviere, A., & Van Meeteren, N.L. (2006). Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial. *JAMA*, 296, 1851
9. Illi, S.K., Held, U., Frank, I., & Spengle, C.M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals, *Sports Med*, 42, 707–724
10. Kang, D., Wu, Y., Hu, D., Hong, Q., Wang, J., & Zhang, X. (2011). Reliability and external validity of AMSTAR in assessing quality of TCM systematic reviews, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 732195
11. Keramidias, M. E., Debevec, T., Amon, M., Kounalakis, S. N., Simunic, B., & Mekjavic, I.B. (2009). Respiratory muscle endurance training: effect on normoxic and hypoxic exercise performance, *Eur J Appl Physiol* 108, 759–769
12. Kilding, A.E., Brown, S., & McConnell, A.K. (2009). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance, *Eur J Appl Physiol* 108, 505–511
13. Lomax, M., Grant, I., & Corbett, J. (2011). Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: Separate and combined effects on intermittent running to exhaustion, *Journal of Sports Sciences*, 29, 563–569

14. Lotters, F., Tol, B. van, Kwakkel, G., & Gosselink, R. (2002). Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis, *European Respiratory Journal* 20, 570–576
15. Morton, N.A. (2009). The PEDro scale is a valide measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study, *Australian Journal of Physiotherapy*, 55, 129
16. Perlovitch, R., Gefen, A., Elad, D., Ratnovsky, A., Kramer, M.R., & Halpern, P. (2006). Inspiratory muscles experience fatigue faster than the calf muscles during treadmill marching, *Respiratory Physiology & Neurobiology* 156, 61–68
17. Riganas, C.S., Vrabas, I.S, Christoulas, K., & Mandroukas, K. (2008). Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO₂max levels in well trained rowers, *J Sports Med Phys Fitness* 48, 285
18. Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones D. A. (2002). Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists, *Journal of Sports Sciences*, 20, 547-590
19. Shoemaker, M.J., Donker, J., & LaPoe, A. (2009). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: The state of the evidence, *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 20(3), 5-15
20. Sonetti, D.A., Wetter, T.J., Pegelow, D.F., & Dempsey, J.A. (2001). Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance, *Respiration Physiology* 127, 185–199
21. Sperlich, B., Fricke, H., Marées, M. de, Linville, J.W., & Mester, J. (2009). Does respiratory muscle training increase physical performance?, *Military Mecicine*, 174, 977
22. Taylor, B.J., & Romer, L.M. (2008). Effect of expiratory muscle fatigue on exercise tolerance and locomotor muscle fatigue in healthy human, *J Appl Physiol* 104, 1442-1451
23. Uemura, H., Lundgren, C.E.G., Ray, A.D., & Pendergast D.R. (2012). Effects of different types of respiratory muscle training on exercise performance in runners, *Military Medicine*, 177, 559
24. Valkenet, K., Van de Port, I.G.L., Dronkers, J.J., De Vries, J.R., Lindeman, E., & Backx, F.J.G. (2010). The effects of preoperative exercise therapy on postoperative outcome: a systematic review, *Clin Rehabil*, 25, 99-111
25. Wells, G.D., Plyley, M., Thomas, S., Goodman, L., & Duffin, J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers, *Eur J Appl Physiol* 94, 527–540