

Duikgeneeskunde in de eerste lijn: veilig bovenkomen

Thijs Wingelaar, Feiko de Jong, Alef Hoedemaeker, Pieter-Jan van Ooij, Dave Koch

Sportduiken wordt in toenemende mate beoefend. Daarmee wordt de kans groter dat er patiënten op uw spreekuur komen met vragen over de invloed van hun aandoening op het duiken. Duiken vraagt bijzondere aanpassingen van het menselijk lichaam. Ziekte of medicatie kan die aanpassing verstoren of onmogelijk maken, met (blijvend) letsel tot gevolg. Deze nascholing laat aan de hand van drie casussen zien wat de invloed is van pathologie op het duiken, of andersom. Deze aspecten komen niet aan bod in de opleidingen tot medisch specialist of huisarts. Mocht u geconfronteerd worden met vraagstukken over duikmedische geschiktheid, dan is het raadzaam om een arts met kennis van duikziekten te raadplegen.

Hoeveel mensen maken tijdens hun vakantie niet een proefduik? Met de toegenomen beschikbaarheid van veilige duikapparatuur en de grotere toegankelijkheid van duikplekken stijgt het aantal mensen dat aan duiken doet snel. En daarmee krijgen huisartsen steeds vaker te maken met duikmedische

vraagstukken. Naar schatting zijn er 300.000 sportduikers in Nederland, maar een goede registratie hiervan ontbreekt. De duikende populatie kent twee ontwikkelingen: aan de ene kant blijven sportduikers tot op hogere leeftijd duiken, terwijl aan de andere kant kinderen steeds jonger beginnen. Van de leden van de Nederlandse Onderwatersport Bond (NOB) is ongeveer driekwart man en de helft ouder dan vijftig jaar.¹ Bij het duiken moet het lichaam zich aanpassen aan een bijzondere omgeving. Het ademhalingsstelsel en het kno-gebied zijn de meest voor de hand liggende aandachtsgebieden, maar vrijwel elk orgaansysteem moet zich aanpassen.^{2,3} Niet alleen bij patiënten, maar ook bij de gezonde populatie spelen vraagstukken rond het duiken – wat is bijvoorbeeld de minimumleeftijd voor kinderen of hoe fit moet een sportduiker zijn? Deze nascholing geeft geen totaaloverzicht van de duikgeneeskunde, maar laat aan de hand van drie casussen zien met welke duikgeneeskundige vragen u in de spreekkamer te maken kunt krijgen.



Bij pathologie of medicatiegebruik in relatie met duiken is het raadzaam te onderzoeken of de aandoening van invloed is op het duiken, of dat het duiken van invloed is op de ziekte.

Foto: iStock

DUIKEN MET ASTMA

Op uw spreekuur komt een 35-jarige vrouw voor reizigersadviezen, omdat zij naar Indonesië wil. Behalve astma, die wordt behandeld met een inhalatiecorticosteroïd, heeft ze een blanco voorgeschiedenis. Ze heeft enkele keren per maand salbutamol nodig om een aanval te couperen. Tijdens haar vakantie wil ze graag haar duikbrevet halen en ze vraagt of dat te combineren is met haar astma.

Alvorens die vraag te beantwoorden, bespreken we eerst een paar algemene begrippen van het duiken. Op aarde leven wij op zeeniveau met een omgevingsdruk van één atmosfeer. Bij duiken neemt de omgevingsdruk per 10 meter diepte met 1 atmosfeer toe. Bij het afdalen wordt de aanwezige lucht in het lichaam samengedrukt en ontstaat er een relatieve onderdruk in het lichaam ten opzichte van de omgeving (de wet van Boyle). Omgekeerd zal lucht uitzetten bij het opstijgen door de afname van de omgevingsdruk. Indien een luchthoudende ruimte, zoals het middenoor of de long, goed kan communiceren met de buitenwereld zullen deze druk- en volumeveranderingen nagenoeg ongemerkt plaatsvinden.⁴

Niet te diep duiken heeft geen zin, want juist in de eerste paar meters vindt de grootste drukverandering plaats

Bij een patiënt met astma kunnen de kleine luchtwegen zich in reactie op specifieke prikkels vernauwen, zoals koude en droge lucht uit een duikfles.⁵⁻⁸ Als dit tijdens een duik gebeurt, kan lucht die in de alveoli zit tijdens het opstijgen moeilijker ontsnappen. Hiermee bestaat de kans op overdruk in een alveolus, die hierdoor kan scheuren. Er is dan sprake van een pulmonaal barotrauma. Afhankelijk van de plaats van de ruptuur treedt er lucht lekkage in de thorax op, wat kan resulteren in mediastinaal, subcutaan emfyseem of een pneumothorax. Hoe vaak een pulmonaal barotrauma tijdens het duiken optreedt is niet bekend, maar schattingen van het aantal duikgerelateerde aandoeningen variëren van 0,9 tot 35,3 per 10.000 duiken.⁹ De oddsratio voor astmapatiënten is 1,98 vergeleken met niet-astmapatiënten, maar er zijn hiernaar slechts weinig onderzoeken gedaan.¹⁰

ARTERIËLE GASEMBOLIE

Een zeldzame maar ernstige complicatie van pulmonaal barotrauma is de arteriële gasembolie (AGE): het verscheuren van een alveolus met een aanliggende arterie, waardoor lucht direct in de bloedvoorziening lekt.¹¹ In seconden tot enkele minuten nadat de luchtballen in de circulatie komen ontwikkelen zich klachten. Meestal gebeurt dit aan de oppervlakte nadat de duiker te snel is opgestegen. De manier waarop dit ziektebeeld zich manifesteert hangt af van de plaats waar de luchtballen in

de circulatie vastlopen. De verschijnselen kunnen bijvoorbeeld sterk overeenkomen met die van een myocardinfarct of herseninfarct.^{11,12} Behandeling moet, net als bij een myocard- of herseninfarct, snel worden ingezet om blijvende ischemische schade te voorkomen.

Behandeling ter plaatse bestaat uit toediening van 100%-zuurstof. Dat gebeurt deels om het ischemische weefsel te oxygenen en blijvende schade te voorkomen, maar vooral om een gunstige gradiënt te creëren voor het verwijderen van stikstof uit gasbellen door het verlagen van de arteriële stikstofspanning, met als gevolg verkleining van de luchtbel.^{13,14} Hoewel de symptomen na zuurstoftoediening nagenoeg kunnen verdwijnen, is recompressietherapie met hyperbare zuurstoftoediening de definitieve behandeling om de luchtballen uit de circulatie te verwijderen en de ontstekingsreacties te remmen die hiervan het gevolg zijn. Daarmee kan neurologische restschade worden voorkomen.¹⁴⁻¹⁶ Bij voorkeur moet dit in een centrum gebeuren dat ervaring heeft met het behandelen van duikongevallen, omdat de behandeling van AGE verschilt van hyperbare zuurstoftherapie bij bijvoorbeeld diabetische wonden of postradiatieschade.

DRUKVERANDERINGEN

Een veelgehoord, maar onjuist advies luidt: 'Duik niet te diep'. De drukveranderingen zijn juist de eerste meters het meest relevant, omdat het relatieve verschil tussen nul en tien meter (verdubbeling van de omgevingsdruk) groter is dan het verschil tussen tien en twintig meter (een toename van de omgevingsdruk met een derde). De eerste paar meters geven dus juist de grootste kans op pulmonaal barotrauma. Deze aandoening kan al optreden vanaf een diepte van een meter.^{10,17,18} De meningen over duiken met astma lopen uiteen.^{8,19} Er is geen 'veilige longfunctie' vastgesteld waarbij een astmapatiënt mag duiken.²⁰ Onze visie, die in lijn is met de Nederlandse Vereniging van Artsen voor Longziekten en Tuberculose, is dat duikers met astmatische longziekten zich in ieder geval

DE KERN

- Duiken vraagt specifieke aanpassingen van het menselijk lichaam. Sommige ziektebeelden of medicatie kunnen deze adaptatiemechanismen verstoren.
- Diverse longziekten kunnen leiden tot een pulmonaal barotrauma, mediastinaal emfyseem en arteriële gasembolieën. Deze kunnen ook optreden bij zeer geringe dieptes.
- Cardiovasculaire aandoeningen of medicatie hiervoor kunnen *immersed pulmonary edema* veroorzaken.
- Blootstelling aan hoge concentraties zuurstof kan onder water diverse klachten geven, waaronder convulsies. Psychofarmaca kunnen de kans hierop vergroten.
- Leg duikmedische vragen voor aan een arts met kennis van duikziekten.

zeer bewust moeten zijn van het risico op pulmonaal overdrukletsel en bijkomende AGE met neurologisch (blijvend) letsel.²¹ Duiken met inspanningsastma of wanneer er sprake is van gevoeligheid voor koude en droge lucht moeten we daarom ook ten zeerste afraden. Zeker als de exacerbaties zo ernstig zijn dat er inhalatiemedicatie nodig is om de aanval te couperen. Voor de duik een preventieve inhalatie nemen met een kortwerkend bètasymphaticomimeticum (salbutamol) is onverstandig, gezien de korte werking van het medicament. De patiënt kan dan onder water in de problemen komen. Of een astmapatiënt veilig kan duiken wanneer deze stabiel is met inhalatiecorticosteroiden, is niet bekend. Pragmatisch zou dat een case-by-case-afweging moeten zijn, waarbij men onder andere rekening moet houden met de duikomstandigheden en nabijheid van (adequate) medische hulpvoorzieningen in geval van nood. Hoewel (proef)duiken in het zwembad hetzelfde risico kent voor het optreden van barotraumatismen als duiken in buitenwater, zijn de duikomstandigheden in het zwembad beter te controleren, is er meer toezicht op de duiker en zijn de hulpvoorzieningen doorgaans makkelijker bereikbaar dan op een buitenlocatie. Bedenk echter dat een proefduik in het zwembad geen voorspellende waarde heeft voor duiken in (doorgaans veel kouder) buitenwater.

DUIKEN MET HYPERTENSIE

Een 55-jarige man komt op uw spreekuur voor cardiovasculair risicomangement. Hij gebruikt een ACE-remmer en een bètablokker, waarmee zijn bloeddruk goed onder controle is. Als u tijdens uw consult leefstijladviezen geeft en sport ter sprake brengt, vertelt de patiënt dat hij al jaren actief lid is van de lokale sportduikvereniging. U vraagt zich af of duiken verstandig is met dit ziektebeeld en deze medicatie.

Door de zwaartekracht zit er aan het eind van de dag meer vocht in het interstitium van de onderbenen dan aan het begin van de dag, en dit kan vele malen meer zijn bij circulatoire stoornissen met oedeem. Bij duiken vindt er een verandering in onze vochtthuishouding plaats. Vanwege de hydrostatische druk van het water wordt dit interstitiële vocht terug het intravasculaire compartiment in gedrukt. Daarnaast zal er doorgaans ook perifere vasoconstrictie plaatsvinden vanwege de lagere temperatuur van het water.²² Dat betekent dat iemand die gaat zwemmen of duiken een acute volumeshift cardiopulmonaal moet kunnen verwerken.^{23,24} De verhoogde druk in het rechter atrium leidt tot een verhoogde diurese (langzaam compensatiemechanisme), wat een van de oorzaken is dat de meeste mensen na het zwemmen of duiken naar het toilet moeten.²⁵

Een sneller compensatiemechanisme is de opslag van dit extra volume in het pulmonale vaatbed. Als de immersie wordt gecombineerd met forse lichamelijke inspanning, zoals hard zwemmen, wordt het in het pulmonale vaatbed opgeslagen vocht naar de alveoli geperst, waar het pulmonaal oedeem veroorzaakt.^{26,27} Dit ziektebeeld is bekend als *immersed pulmo-*

nary edema (IPE) en kan bij getrainde (tri)atleten een fatale afloop kennen.^{23,27,28}

In de zomer van 2016 overleden in korte tijd drie sportduikers op de Noordzee, allen boven de 55 jaar oud, die hart- en vaatziekten hadden. Jaarlijks overlijden er tussen de vijf en tien duikers in Nederland. Het aandeel van IPE in het overlijden

Leg duikmedische vraagstukken voor aan een arts met kennis van duikziekten

van sportduikers is niet bekend en post mortem zeer lastig vast te stellen, maar vermoedelijk is dit ziektebeeld verantwoordelijk voor het merendeel van de sterfgevallen onder sportduikers onder water.^{26,29} Het is evident dat cardiovasculaire medicatie de normale aanpassing bij immersie geheel of ten dele kan uitschakelen. Vooral bètablokkers verstoren de cardiale output sterk (naast de pulmonale bronchoconstrictie bij aselectieve bètablokkers), waardoor de kans op IPE toeneemt. Een medicamenteus behandelde hypertensiepatiënt is boven water goed belastbaar en heeft een goede ejection fraction. Onder water kunnen fysiologische adaptatiemechanismen echter worden uitgeschakeld, met potentieel fatale gevolgen, vooral bij fysieke belasting, zoals een noodopstijging of het redden van een andere duiker onder water. Het advies is om bètablokkers te beschouwen als een zwaarwegende relatieve contra-indicatie, vanwege het risico op IPE bij maximale inspanning in geval van een noodsituatie.^{4,30} Ook thiazidediuretica zijn relatief gecontra-indiceerd vanwege het risico op elektrolytstoornissen door vochtverlies na het duiken (en de veelal warme omstandigheden waarin gedoken wordt).³⁰ Wanneer het mogelijk is om deze te vervangen door ACE-remmers, angiotensinereceptorblokkers of calciumantagonisten, kunnen patiënten duiken mits er sprake is van een goed gereguleerde tensie, weinig comorbiditeit, geen bijwerkingen en een goede inspanningstolerantie.

DUIKEN MET ADHD

Een 18-jarige jongen met ADHD komt op uw spreekuur. Met methylfenidaat heeft hij weer greep op zijn ADL gekregen. Hij wil graag een duikvakantie maken met zijn vrienden om het halen van zijn eindexamen te vieren en vraagt of hij nog ergens rekening mee moet houden.

PSYCHOFARMACA

Psychofarmaca tijdens het duiken beïnvloeden de kans op cerebrale zuurstoftoxiciteit. Een duiker wordt op diepte aan hogere partiële zuurstofdrukken blootgesteld (de wet van Dalton). Een hoge zuurstofdruk geeft kans op neurologische ziektebeelden, variërend van tintelingen en spiertrekkingen tot aan volledige convulsies.³¹

Het exacte pathofysiologische mechanisme achter het ontstaan van cerebrale zuurstoftoxiciteit is niet bekend. Wel is duidelijk dat er tijdens een duik grote hoeveelheden zuurstofradicalen ontstaan, die uiteindelijk leiden tot een verhoogde cerebrale bloedflow.³¹ Met dierexperimenten is aangetoond dat modulatie van NMDA- en NNA-receptoren de gevoeligheid voor cerebrale zuurstoftoxiciteit kan beïnvloeden.^{32,33} Methylfenidaat heeft een modulerende werking op de NMDA-receptoren.³⁴ Daarmee is er een toegenomen kans op cerebrale zuurstoftoxiciteit op diepte, zeker bij zuurstofverrijkte mengsels. Onder water kunnen convulsies leiden tot verdrinking. Humaan onderzoek naar de ‘maximale veilige partiële zuurstofdruk’ bij methylfenidaat of andere psychofarmaca ontbreekt, maar

Psychofarmaca tijdens het duiken beïnvloeden de kans op cerebrale zuurstoftoxiciteit

ons advies is toch om conservatief te zijn met duikdiepte en/of zuurstofverrijkte mengsels (Nitrox). Ook is niet bekend of psychofarmaca de gevoeligheid voor stikstofnarcose (een vermindering van het cognitief functioneren als gevolg van een toename van partiële stikstofspanning) vergroten of andere ongewenste effecten op diepte induceren. De Nederlandse Vereniging voor Duikgeneeskunde (NVD) stelt dat ADHD-medicatie een relatieve contra-indicatie is voor het duiken.³⁵ Daarbij moet in overweging worden genomen hoe de patiënt functioneert en welke bijwerkingen deze van de medicatie ondervindt. Het lijkt veilig om een positief advies over duiken te geven wanneer de patiënt ten minste drie maanden goed is ingesteld op de medicatie en er sprake is van voldoende ziekte-inzicht en -besef, en therapietrouw. Ondanks de risico's op cerebrale zuurstoftoxiciteit en stikstofnarcose, die mogelijk vergroot worden door het gebruik van psychofarmaca, moet het (tijdelijk) stoppen met medicatie afgewogen worden tegen de negatieve effecten van rebound en een afname van het cognitief functioneren die het stoppen met zich meebrengt. Daarin is geen eenduidig antwoord te geven.

DUIKGENEESKUNDE IN NEDERLAND

Er is geen consensus over de vraag of het routinematig uitvoeren van medische keuringen daadwerkelijk bijdraagt aan de preventie van duikongevallen.³⁶ De NVD raadt aspirant-duikers aan om zich voorafgaand aan de eerste duik te laten onderzoeken.³⁷ In de betreffende NVD-richtlijn staan ook overwegingen voor herkeuringen en eisen waaraan de keurend arts zou moeten voldoen, maar er is geen juridisch kader dat deze bekrachtigt. Strikt gezien kan in Nederland elke BIG-geregistreerde arts deze keuring uitvoeren. Ook zijn de duikmedische adviezen en de keuringen niet bindend en kan de sportduiker deze naast zich neerleggen. De Nederlandse Onderwatersport Bond adviseert, conform de aanbevelingen van de NVD, om

te kiezen voor een arts met kennis van duikgeneeskunde. Er zijn diverse aanbieders voor een ‘cursus duikgeneeskunde’, waarbij de inhoud en kwaliteit van de cursus sterk kan wisselen. Een centraal orgaan dat de (her)registratie van duikerartsen in Nederland coördineert ontbreekt. Er zijn enkele initiatieven, waaronder www.duikgeneeskunde.nl, www.mijnduikerarts.nl en www.scascertificering.nl/gecertificeerd. Deze bevatten een index van artsen die geregistreerd zijn bij respectievelijk de NVD, het Nederlands Instituut Certificering DuikerArtsen (NICDA) en de Stichting Certificering Actoren in de Sportgezondheidszorg (SCAS). Geen van deze websites geeft een volledig overzicht van artsen die kennis van duikziekten hebben.

Qua nomenclatuur is er enige verwarring, omdat Europese en Nederlandse termen door elkaar worden gebruikt. Het European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) en het European Diving Technical Committee (EDTC) erkennen verschillende *levels* van competentie, waarbij level 1 een ‘medical examiner of divers’ is. In Nederland maakt men onderscheid tussen het keuren van sportduikers en beroepsduikers, waarbij de laatste groep onder verantwoordelijkheid van de bedrijfsarts (duikerarts-A en -B) valt.³⁸ Deze staan geregistreerd bij de Stichting Werken onder Overdruk (SWOD). Sportduikers mogen volgens het NICDA gekeurd worden door een duikerarts-C. Tot slot zijn het geven van adviezen en de keuringsbevoegdheid van het specifieke specialisme gereserveerd voor de duikerarts-D. Ten aanzien van de wet- en regelgeving rondom duikmedische vragen of keuringen is er behoefte aan helder omschreven kaders, alsmede harmonisering van de verschillende systemen. Tot die tijd is ons advies om duikers door te verwijzen naar een duikerarts-A of -B (SWOD), duikerarts-C (NICDA) of een sportarts met de aantekening duikgeneeskunde (SCAS).

CONCLUSIE

Duiken vraagt bijzondere fysiologische aanpassingen van het menselijk lichaam. Medicijnen of ziekten kunnen deze aanpassingen verstoren, met potentieel verstrekkende gevolgen. Bij pathologie of medicatiegebruik in relatie met duiken is het raadzaam te onderzoeken of de aandoening van invloed is op het duiken, of dat het duiken van invloed is op de ziekte.

Het Duikmedisch Centrum van de Koninklijke Marine is tijdens kantooruren telefonisch bereikbaar op 088 – 951 04 80 voor duikmedische adviezen. Tijdens de dienst of bij duikongevallen kunt u bellen met 0223 – 658 220. Aan telefonische consulten over sportduiken zijn noch voor de patiënt, noch voor de verwijzer kosten verbonden. Het Duikmedisch Centrum keurt alleen beroepsduikers. Voor richtlijnen op duikgeneeskundig gebied en informatie over opleidingen op het gebied van duikgeneeskunde verwijzen we graag naar de website van de Nederlandse Vereniging van Duikgeneeskunde: www.duikgeneeskunde.nl.

Goedbedoelde adviezen als 'niet te diep duiken' of 'als u er boven water geen last van hebt, dan zal het wel goed gaan' kunnen verstrekkende gevolgen hebben. Omdat vele (patho-) fysiologische mechanismen van invloed zijn op de duikmedische geschiktheid, raden wij huisartsen aan om duikmedische vraagstukken voor te leggen aan een arts met kennis van duikziekten. ■

LITERATUUR

1. Nederlandse Onderwatersport Bond. Jaarverslag NOB 2017. Veenendaal: NOB, 2018.
2. Edmonds C, Bennet M, Lippmann J, Mitchell SJ. Diving and subaquatic medicine. Oakville, Canada: Apple Academic Press Inc., 2015.
3. Ooij PJAM, Van Hulst RA. Komt een duiker bij de huisarts. *Bijblijven* 2010;5:50-6.
4. Bove AA. Diving medicine. *Am J Respir Crit Care Med* 2014;189:1479-86.
5. Lawrence CH, Chen IY. The effect of SCUBA diving on air-flow obstruction in divers with asthma. *Diving Hyperb Med* 2016;46:11-4.
6. Ivkovic D, Markovic M, Todorovic BS, Balestra C, Marroni A, Zarkovic M. Effect of a single pool dive on pulmonary function in asthmatic and non-asthmatic divers. *Diving Hyperb Med* 2012;42:72-7.
7. Tetzlaff K, Thomas PS. Short- and long-term effects of diving on pulmonary function. *Eur Respir Rev* 2017;26. pii: 160097.
8. Adir Y, Bove AA. Can asthmatic subjects dive? *Eur Respir Rev* 2016;25:214-20.
9. Dardeau MR, Pollock NW, McDonald CM, Lang MA. The incidence of decompression illness in 10 years of scientific diving. *Diving Hyperb Med* 2012;42:195-200.
10. Adir Y, Bove AA. Lung injury related to extreme environments. *Eur Respir Rev* 2014;23:416-26.
11. Weenink RP. Advances in diagnosis and treatment of cerebral arterial gas embolism [proefschrift]. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, 2013.
12. Alvarez Villela M, Weaver LK, Dhar R. Arterial gas embolism during a dive. Las Vegas: Undersea and Hyperbaric Medical Society, 2016.
13. Weenink RP, Hollmann MW, Van Hulst RA. Cerebrale arteriële gasembolieën: anesthesiologische aspecten van een duikmedische ziektebeeld. *Ned Tijdschr Anesth* 2013 december:5-12.
14. Moon RE. Hyperbaric oxygen treatment for air or gas embolism. *Undersea Hyperb Med* 2014;41:159-66.
15. Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving Hyperb Med* 2017;47:24-32.
16. Wingelaar TT, Ooij PJAM, Koch DAA. Arterial gas embolism during controlled ascent training in a navy diver trainee. *Undersea and Hyperbaric Medicine: Annual Scientific Meeting 2018*; Orlando, Florida, 2018.
17. Johnson V, Adkinson C, Bowen M, Ortega H. Should children be SCUBA diving? Cerebral arterial gas embolism in a swimming pool. *Pediatr Emerg Care* 2012;28:361-2.
18. Brooks CJ, MacDonald CV, Gibbs PN. Injury rate in a helicopter underwater escape trainer (HUET) from 2005-2012. *Aviat Space Environ Med* 2014;85:857-62.
19. Coop CA, Adams KE, Webb CN. SCUBA diving and asthma: clinical recommendations and safety. *Clin Rev Allergy Immunol* 2016;50:18-22.
20. Wingelaar TT, Clarijs P, Van Ooij PA, Koch DA, Van Hulst RA. Modern assessment of pulmonary function in divers cannot rely on old reference values. *Diving Hyperb Med* 2018;48:17-22.
21. Nederlandse Vereniging van Artsen voor Longziekten en Tuberculose (NVALT). Position paper longziekten en duiken. Den Bosch: NVALT, 2016.
22. Bosco G, Rizzato A, Moon RE, Camporesi EM. Environmental physiology and diving medicine. *Front Psychol* 2018;9:72.
23. Coulange M, Rossi P, Gargne O, Gole Y, Bessereau J, Regnard J, et al. Pulmonary oedema in healthy SCUBA divers: new physiopathological pathways. *Clin Physiol Funct Imaging* 2010;30:181-6.
24. Szpilman D, Orlowski JP. Sports related to drowning. *Eur Respir Rev* 2016;25:348-59.
25. Pendergast DR, Moon RE, Krasney JJ, Held HE, Zamparo P. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol* 2015;5:1705-50.
26. Edmonds C, Lippmann J, Lockley S, Wolfers D. SCUBA divers' pulmonary oedema: recurrences and fatalities. *Diving Hyperb Med* 2012;42:40-4.
27. Miller CC 3rd, Calder-Becker K, Modave F. Swimming-induced pulmonary edema in triathletes. *Am J Emerg Med* 2010;28:941-6.
28. Cochard G, Arvieux J, Lacour JM, Madouas G, Mongredien H, Arvieux CC. Pulmonary edema in SCUBA divers: recurrence and fatal outcome. *Undersea Hyperb Med* 2005;32:39-44.
29. Aquila I, Pepe F, Manno M, Frati P, Gratteri S, Fineschi V, et al. SCUBA diving death: always due to drowning? Two forensic cases and a review of the literature. *Med Leg J* 2018;86:49-51.
30. Westerweel PE, Rienks R. Standpunt 'Hypertensie en duiken'. Beuningen: Nederlandse Vereniging voor Duikgeneeskunde, 2017.
31. Wingelaar TT, Van Ooij PJAM, Van Hulst RA. Oxygen toxicity and special operations forces diving: hidden and dangerous. *Front Psychol* 2017;8:1263.
32. Manning EP. Central nervous system oxygen toxicity and hyperbaric oxygen seizures. *Aerosp Med Hum Perform* 2016;87:477-86.
33. Eynan M, Krinsky N, Biram A, Arieli Y, Arieli R. A comparison of factors involved in the development of central nervous system and pulmonary oxygen toxicity in the rat. *Brain Res* 2014;1574:77-83.
34. Urban KR, Li YC, Gao WJ. Treatment with a clinically-relevant dose of methylphenidate alters NMDA receptor composition and synaptic plasticity in the juvenile rat prefrontal cortex. *Neurobiol Learn Mem* 2013;101:65-74.
35. Querido B, Van Hulst RA. Standpunt 'Duiken met ADHD/ADD'. Beuningen: Nederlandse Vereniging voor Duikgeneeskunde, 2017.
36. Gorman D, Sames C, Mitchell SJ. Routine occupational dive medical examinations. *Diving Hyperb Med* 2009;39:109-10.
37. Richtlijn Preventief duikmedisch onderzoek. Beuningen: Nederlandse Vereniging voor Duikgeneeskunde, 2017.
38. Stichting Werken Onder Overdruk, www.werkenonderdruk.nl.

Wingelaar TT, De Jong FJM, Hoedemaeker ADM, Van Ooij PJAM, Koch DAA. Duikgeneeskunde in de eerste lijn: veilig bovenkomen. *Huisarts Wet* 2019;62:DOI:10.1007/s12445-019-0126-7. Koninklijke Marine, Duikmedisch Centrum, Den Helder: T.T. Wingelaar, duikerarts, tt.wingelaar@mindef.nl; F.J.M. de Jong, duikerarts in opleiding; A.D.M. Hoedemaeker, duikerarts in opleiding; P.J.A.M. van Ooij, duikerarts en bedrijfsarts; D.A.A. Koch: hoofd Duikmedisch Centrum, duikerarts en huisarts. Mogelijke belangenverstrengeling: niets aangegeven.